

MANHATTAN UNDERGROUND

APPROCHE DU TERRITOIRE PAR LE SOUTERRAIN

MANHATTAN UNDERGROUND

Directeur pédagogique du projet de Master : Prof. Dieter Dietz

Deuxième professeur et professeur responsable de l'énoncé théorique : Elena Cogato Lanza

Maître EPFL : Charlotte Erckrath

ENONCÉ THÉORIQUE DE MASTER EN ARCHITECTURE
SAR / ENAC / EPFL

Manon Muller & Nicolas Olivier
Sous la direction d'Elena Cogato Lanza

Lausanne, janvier 2016



Ce travail n'aurait pas été possible sans l'aide de nombreuses personnes.

Elena Cogato Lanza, professeur responsable de l'énoncé théorique et second professeur du projet de Master, pour son intérêt et son suivi.

Dieter Dietz, directeur pédagogique, pour sa vision du projet d'architecture et sa confiance, ainsi que Charlotte Erckrath, maître EPFL, pour la pertinence de ses conseils et son dévouement.

Ceux que nous avons pu rencontrer lors de notre voyage à New-York, et qui nous ont apporté de précieux conseils et informations, Joanna Alimanestianu, Michelle Young, Moses Gates, Ethan Kent, ainsi que l'équipe du Department of City planning de la ville de New York, en particulier Jeffrey Schumaker et Thaddeus Pawlowski.

Les différents musées et archives qui nous ont fourni des informations capitales, particulièrement Chelsea Newburg du New York Transit Museum.

Shin Alexandre Koseki, Michaël Doyle, et Aurèle Parriaux pour les discussions avec eux qui se sont révélées être une grande source d'informations.

Les bunq architectes, qui ont influencé notre vision et notre sens critique de l'architecture, Julien Grisel pour sa relecture attentive de l'énoncé.

Grégoire, pour son aide, sa relecture et ses conseils.

Jean-Michel et Marie-Jo, également pour la relecture rigoureuse du texte.

Merci à eux.

Finalement, un merci tout particulier à nos familles et amis, pour leur soutien.



AVANT-PROPOS

Le texte qui suit propose un portrait nouveau de l'île de Manhattan, non seulement comme une interprétation de l'épaisseur de son modèle mais aussi un questionnement pouvant ouvrir une démarche de projet.

Dans son texte *Sub-urbanisme/Sur-urbanisme*, Sébastien Marot introduit, notamment à travers l'exemple de Central Park, la possibilité de regarder Manhattan avec une autre vision que celle portée par l'interprétation de Rem Koolhaas et transcrite dans *New York Délire*, manifeste rétroactif du développement de Manhattan. Cet énoncé théorique se place ainsi comme une piste de réponse ou un possible parallèle à *New York Délire*, dans la perspective d'un « *approfondissement du territoire* »¹ et lui emprunte sa structure narrative, « *simulacre de la trame de Manhattan, une succession de blocs dont la proximité et la juxtaposition renforcent la signification individuelle.* »²

Tout d'abord, à travers le prologue et le premier chapitre, les fondements de la démarche et les conditions de l'interprétation seront exposés. Ensuite, le texte sera développé sous forme d'entrées thématiques intimement liées aux composantes de l'épaisseur et de la profondeur de Manhattan. Les discussions autour de ces thèmes permettront, au-delà de construire un imaginaire de la substance constituant la profondeur de Manhattan, de relever plus ou moins explicitement des enjeux et des pistes pour un projet découlant de la structure urbaine existante.

¹ Sébastien Marot, *Sub-urbanisme/Sur-urbanisme*, Marnes, p.301

² Rem Koolhaas, *New York Délire*, p. 11

Les sources des informations et images sont répertoriées par thème à la fin du texte. La couverture du livre peut être déployée et constitue un grand dessin qui accompagne le texte.

TABLE DES MATIERES

PROLOGUE	P.11
CONDITIONS DU MODÈLE VERTICAL ET PROFOND	P.17
LA GÉOLOGIE	P.25
Roche-mère	
Construction souterraine et fondations	
État naturel: Mannahatta	
LA GRILLE	P.39
Rues et avenues	
Comblement et arasement	
LES RÉSEAUX	P.45
Énergies	
Eau et égouts	
Durabilité, énergie et profondeur	
LE MÉTRO	P.61
Compagnies et histoire	
Construction: deux méthodes	
Espaces adjacents	
Continuité et discontinuité	
Lumière naturelle	
Entrées	
Station IRT City Hall	

LE BLOC	P.89
Liaison et aboutissement	
Bloc unitaire	
Bloc fragmenté	
Grand Central Terminal	
L'ABANDONNÉ	P.101
Fascination	
The Lowline Project	
EPILOGUE	P.111
BIBLIOGRAPHIE	P.115
Littérature	
Sites web	
Documentation	
Filmographie	
ICONOGRAPHIE	P.121
ANNEXES	P.127
Extraits photo du carnet de voyage, 11/2015	



PROLOGUE

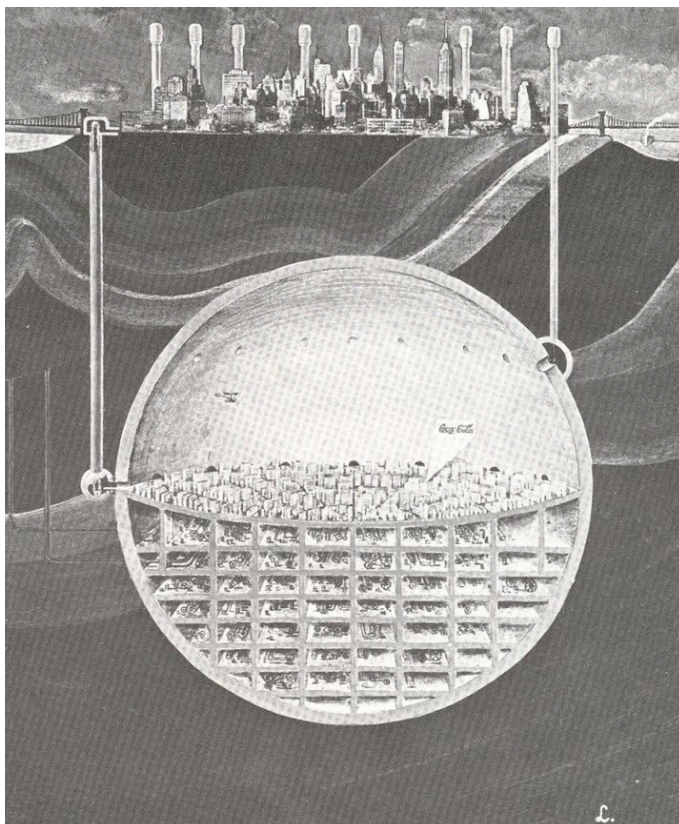
La recherche *Manhattan Underground* trouve son fondement dans une volonté de renversement inédit du développement de Manhattan vers un urbanisme et une architecture en profondeur. Au-delà de l'aspect provocant que cette proposition peut évoquer lorsqu'on l'associe à un tel modèle de verticalité, il s'agit de porter une réflexion sur une piste potentielle alternative de densification de l'île, mise en parallèle avec une fascination pour le monde souterrain new-yorkais.

Si les autorités ont été particulièrement actives durant les dix à quinze dernières années dans le domaine de l'urbanisme et notamment des espaces publics, espaces « pour tous », le coût des surfaces bâties ne cesse d'augmenter. Par ailleurs, Manhattan, centre économique, politique et culturel mondial, est connue pour ses gratte-ciels et son « *architecture désinhibée* »¹ dont le modèle vertical répond par l'artificiel et le fantasme à la congestion et l'insularité, valorisant les symboles volumétriques et les repères monumentaux. Il apparaît donc que l'île dont l'architecture se voulait « *tout à la fois ambitieuse et populaire* »² présente des limites en termes d'accessibilité aux surfaces construites. Cet élitisme, non seulement lié à la notion de gentrification, exclut également certains programmes dont la présence serait pertinente, voire nécessaire, dans un tel centre. La construction - ou réaffectation de l'existant - en profondeur se présente ainsi comme une possible réponse à ce phénomène, pour des programmes adaptés aux conditions souterraines et liés aux fonctions en surface.

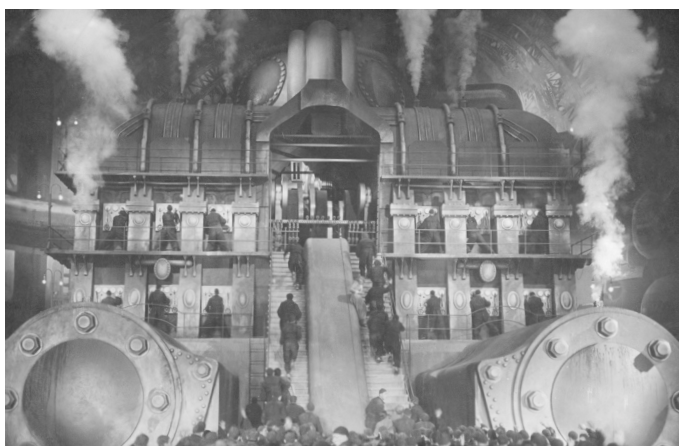
A New-York, le souterrain demeure un sujet délicat à traiter mais suscite une importante fascination. A l'exception évi-

¹ Rem Koolhaas, *New York Délire*, p. 10

² *Ibidem*



*Oscar Newman,
abri nucléaire
sous Manhattan*



*La ville souterraine
du film
Metropolis*

dente des stations de métro et des sous-sols des bâtiments, les espaces souterrains existants, relativement nombreux, sont difficiles d'accès. La plupart d'entre eux sont en effet *off-limits* - il est illégal de s'y aventurer - et il est difficile d'obtenir des informations claires pouvant les situer ou les caractériser, particulièrement depuis les attentats de 2001. Cependant, il est possible par plusieurs moyens de se constituer une idée forte de ces espaces, à la fois si proches et si déconnectés de l'intensité de l'activité en surface. Les travaux des explorateurs urbains, notamment Moses Gates ou Steve Duncan, permettent à travers des textes, photographies, vidéos et discussions de rendre compte des ambiances, des atmosphères au sens large qui peuvent définir ces différents lieux. Il existe aussi des travaux photographiques qui peuvent documenter ces aspects, on citera en particulier l'ouvrage *New York Underground : The Anatomy of a City* de Julia Solis et les photographies qui illustrent *The City Beneath Us – Building the New York Subways* du New York Transit Museum et Vivian Heller.

De plus, en tant qu'infrastructure souterraine « accessible » majeure et équipement public souterrain structurant, le réseau de métro est le support de nombreuses réflexions sur la construction en profondeur à New-York. Au-delà de ceci, son histoire, ses états successifs sont ainsi très liés au rapport des New-Yorkais au milieu souterrain. Durant la seconde guerre mondiale, les tunnels du métro étaient considérés comme un abri où se rendre en cas de bombardement de la ville.

Cette notion du souterrain comme refuge, qui peut évoquer l'idée du bunker ou même de la grotte, peut aussi renvoyer à des projets fictifs, dans ce cas spécifiquement à l'Abri Atomique sous Manhattan d'Oscar Newman - datant de 1969.

L'univers de la fiction est par ailleurs riche d'autres imaginaires souterrains. On relève en particulier l'idée de stratification du monde, à travers le film *Metropolis* réalisé en 1927 par Fritz Lang par exemple, et celle de la remise en question ou du bouleversement des repères - illustré entre autres dans *Les Aventures d'Alice au Pays des Merveilles*, écrit en 1865 par Lewis Carroll. Ces sources peuvent, dans une certaine mesure et à différents degrés de rapprochement et d'interprétation, nourrir notre imagination quant au monde souterrain.

*Complexe sportif
souterrain à
Helsinki*



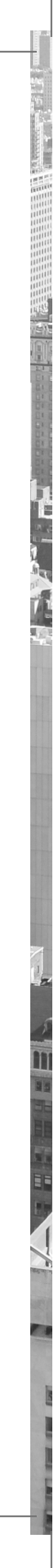
*Centre commer-
cial souterrain à
Montréal*



Le souterrain est aussi rattaché pour les New-Yorkais à la notion de culture et de divertissement, avec la présence en sous-sol de salles de spectacles, cinémas ou lieux d'échanges. C'était aussi le lieu de nombreux bars *speakeasies* pendant la période de la Prohibition.

Des exemples concrets d'urbanismes souterrains peuvent également démontrer qu'une vie relative aux spécificités des villes peut prendre place en profondeur, avec une architecture qui lui correspond. À Tokyo par exemple, le modèle vertical qui répond au territoire restreint s'est développé de plus en plus en profondeur en parallèle de sa croissance vers le haut. On relèvera en particulier l'établissement pionnier en 1998 d'un cadre légal pour rationaliser l'utilisation des sous-sols et la propriété de ceux-ci. À Montréal, il existe un important réseau souterrain principalement piéton qui, en réponse au climat particulièrement froid en hiver, permet de lier par voie intérieure les arrêts de métro, commerces et bâtiments de bureaux. S'il n'a jamais été officiellement planifié, ce complexe fait l'objet d'un masterplan depuis 2002. À Helsinki, la construction en profondeur est aussi une forme de réponse au climat froid. Dans une optique d'efficacité énergétique, le souterrain, creusé sur plusieurs niveaux, intègre des infrastructures comme le réseau de chauffage ainsi que des programmes publics tels qu'une piscine. Le masterplan pour la ville souterraine date dans ce cas de 2009. Le fait que la ville soit construite sur une roche dure très proche de la surface permet ici de faire un parallèle avec Manhattan. Enfin, Paris possède une histoire souterraine très ancienne, qui date de l'époque Romaine. Elle possède quelques bâtiments souterrains mais est surtout connue pour ses catacombes, qui par extension désignent l'immense réseau de carrières qui ont servi à bâtir la ville, ce qui nous renvoie à la question de l'utilisation de la matière excavée et dans ce cas le rapport particulier engendré entre la ville en surface et la profondeur. Dans une certaine mesure, on peut aussi tirer des leçons du modèle de Hong-Kong. Berceau du modèle asiatique « socle + tour » qui prétend retranscrire verticalement le modèle de la ville traditionnelle locale, on y trouve des exemples riches en terme d'intensité verticale avec une multiplicité des étages publics et des niveaux de circulation interconnectés.





CONDITIONS DU MODÈLE VERTICAL ET PROFOND

A travers *New York Délire*, Rem Koolhaas propose en 1978 une théorie rétroactive du développement du « *Manhattanisme* », soit du modèle de ville verticale sous forme de méga-village de gratte-ciels, caractéristique de l'île. S'il faut être conscient qu'il s'agit d'une interprétation qui vise à donner « *un certain degré de logique et de cohérence* » ¹ à des épisodes apparemment discontinus, ce récit nous renseigne sur l'histoire de l'urbanisation de Manhattan comme « *laboratoire d'invention et d'expérience d'un mode de vie métropolitain et de l'architecture qui lui correspond* » ² et permet ainsi de comprendre quelles sont les bases de la structure urbaine existante à Manhattan.

Dans le chapitre *La double vie de l'utopie : le gratte-ciel - La Frontière dans les airs*, Rem Koolhaas explique, entre autres, quelles sont selon lui les trois composantes indissociables ayant abouti au modèle du gratte-ciel manhattanien. La première se fonde sur la notion de multiplication de la parcelle. En effet, dès 1870, l'ascenseur devient l'émancipateur des surfaces horizontales situées au-dessus de la surface et permet de donner de plus en plus de valeur aux étages supérieurs. Couplé à l'ossature métallique à partir des années 1880, il représente un système rentable et efficace qui permet de multiplier à l'infini n'importe quel site et « *aboutir à la prolifération de plans horizontaux appelée gratte-ciel* » ³. Le théorème de 1909 illustre dans cette optique ce modèle utopique permettant « *la création illimitée de sites vierges sur un emplacement urbain* » ⁴, sites ainsi destinés à accueillir des programmes variés et déconnectés su-

¹ Rem Koolhaas, *New York Délire*, p. 10

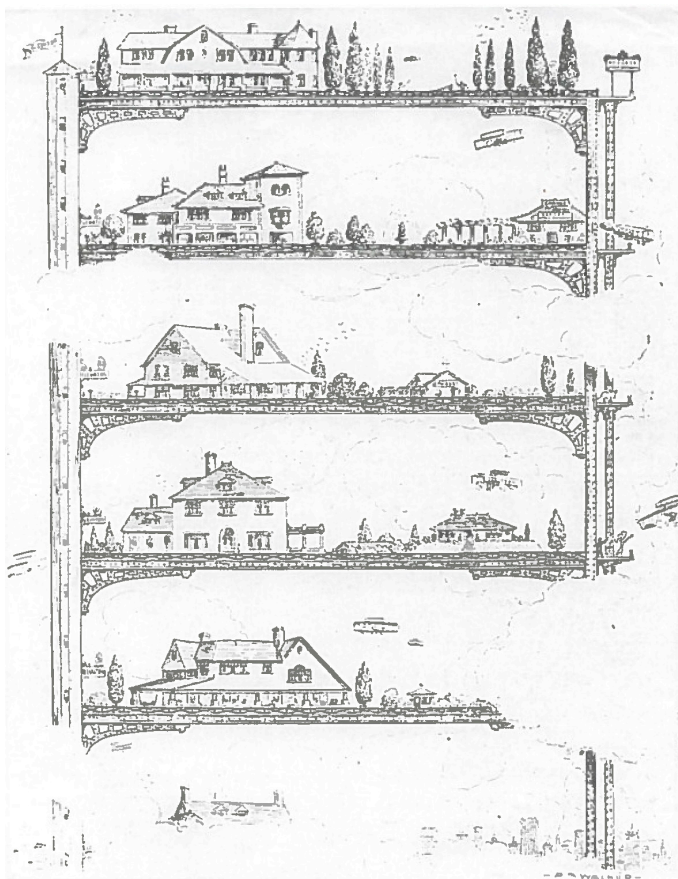
² *Ibidem*, p. 9

³ *Ibidem*, p. 82

⁴ *Ibidem*, p. 87

À gauche : Manhattan, ville verticale

*Modèle illustrant
la multiplica-
tion verticale de
sites vierges sur
un terrain, dans
le théorème de
1909*



perposés sur une même parcelle. Le gratte-ciel devient donc l'image d'un « *urbanisme méconnaissable [qui] promet une perpétuelle instabilité programmatique* » ⁵. Il représente un paradis artificiel, symbole d'efficacité et de nouvelles réalités, une « *ville dans la ville* » ⁶. A cette multiplication pure et simple de la parcelle s'ajoute la deuxième composante du gratte-ciel qu'est la tour. Forte de significations passées et alors relativement détournées, elle est ajoutée dès 1908 aux *buildings* cubiques et joue ainsi un rôle de symbole de la nouvelle culture, de « *phare urbain* » ⁷ attirant le public. Enfin, « *le bloc seul* » ⁸, à savoir le fait de traiter chaque bloc comme une entité autonome se présente comme le troisième axe constituant du modèle. Manhattan se présente de ce point de vue comme un archipel d'îlots indépendants. On relèvera donc que chaque bloc peut, au-delà de contenir lui-même une grande variété de programmes à travers les étages, posséder sa propre identité, son imaginaire et sa mémoire particulière. Ces notions impliquent un décalage intentionnel entre contenant et contenu, une « *lobotomie architecturale* » ⁹, qui s'intensifie plus le bâtiment est haut ; « *le monolithe épargne au monde extérieur les agonies des perpétuels changements qui l'agitent au dedans* » ¹⁰. Les « *fragments sous-utopiques [qui remplissent] les espaces intérieurs d'une hyper-densité de significations privées* » ¹¹ sont structurés et neutralisés par la trame orthogonale qui permet la « *navigation idéologique* » ¹² entre les blocs qui ont de manière discrète leur propre manière de plaire et d'attirer les masses.

Afin de dresser un portrait de l'épaisseur du modèle, on retiendra en particulier de cela non seulement les questions morphologiques mais surtout la notion de *schisme vertical*, soit l'indépendance entre les niveaux, et de l'autonomie des blocs. Il apparaît également que la grille orthogonale sur laquelle le modèle se développe est sa condition *sine qua non*, son seul niveau horizontal de base, dont le dessin délimite les entités

⁵ Rem Koolhaas, *New York Délire*, p. 87

⁶ *Ibidem*, p. 89

⁷ *Ibidem*, p. 91-94

⁸ *Ibidem*, p. 94

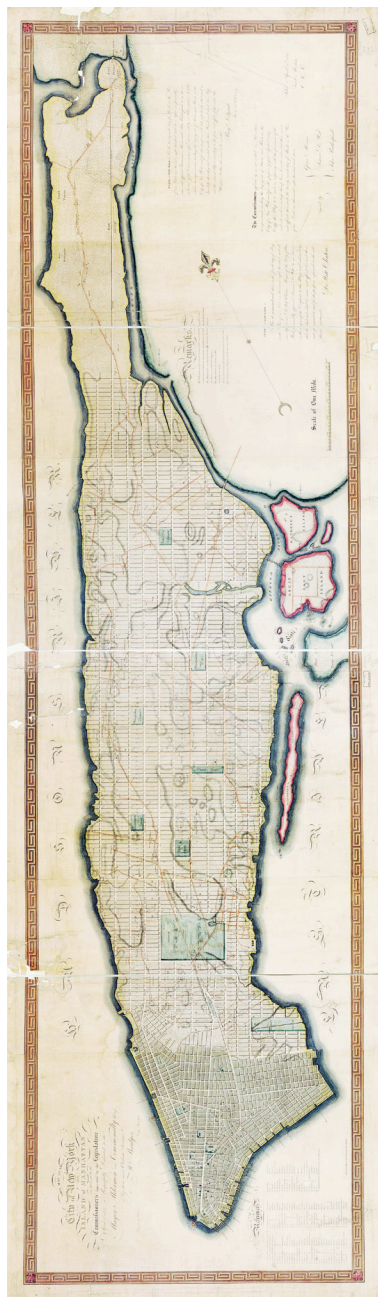
⁹ *Ibidem*, p. 101

¹⁰ *Ibidem*, p. 101

¹¹ *Ibidem*, p. 105

¹² *Ibidem*, p. 105

*Commissioner's
plan illustrating
the development
of the grid on the
territory, 1811*



urbaines de base qui constituent la ville et au-dessus duquel se développent les bâtiments.

Commanditée en 1807 et proposée en 1811 à travers le *Commissioners' Plan*, la grille prévoit le développement au Nord des zones alors habitées de la quasi-totalité de l'île pour une population et des activités encore hypothétiques ou spéculatives. L'objectif est de proposer un système rentable, efficace, économique et qui favorise les achats et ventes des biens immobiliers, grâce à un système orthogonal d'*avenues* dans le sens Nord-Sud et de *streets* dans le sens Est-Ouest qui délimitent des blocs de dimensions de l'ordre de 140 à 250m par 60 à 80m. Le bloc est donc la plus grande entité de base, à quelques exceptions près, sur laquelle l'intervention d'un même planificateur peut s'étendre. De plus, mises à part les différences de dimension, les blocs sont de base tous équivalents. Ce modèle écarte ainsi tous les systèmes d'articulations des villes traditionnelles européennes de l'époque, il ne pourra pas s'étendre au-delà de la grille, du fait de l'insularité, et présente un potentiel inédit à l'époque en terme de densité - qui sera par la suite régulée par des lois de zonage. La grille est par ailleurs conçue comme un plan voulu horizontal, sans prise en compte de la topographie originelle très vallonnée, des rivières, marais ou encore des constructions agricoles ou voies de circulation préexistantes. Seuls *Broadway*, qui suivait à l'origine un chemin naturellement élevé, et quelques projets ponctuels échappent à cette logique. Pour Rem Koolhaas, c'est ce système horizontal strict et simple qui a permis une « *anarchie* »¹³ dans la troisième dimension. Il s'agit pour lui d'une « *spéculation conceptuelle* »¹⁴ qui est la base de l'usine de l'artificiel qu'est Manhattan. *Central Park*, planifié à partir de 1853, est non seulement le premier et le plus grand parc urbain à l'époque, mais c'est surtout le témoin et la mise en scène de la nature qui préexistait, qui vise, en plus d'être un lieu récréatif, à accentuer le contraste avec le bâti avoisinant et la force du modèle.

Il ressort donc bien que la grille est la condition de base du Manhattanisme, elle est au fondement de la structure urbaine

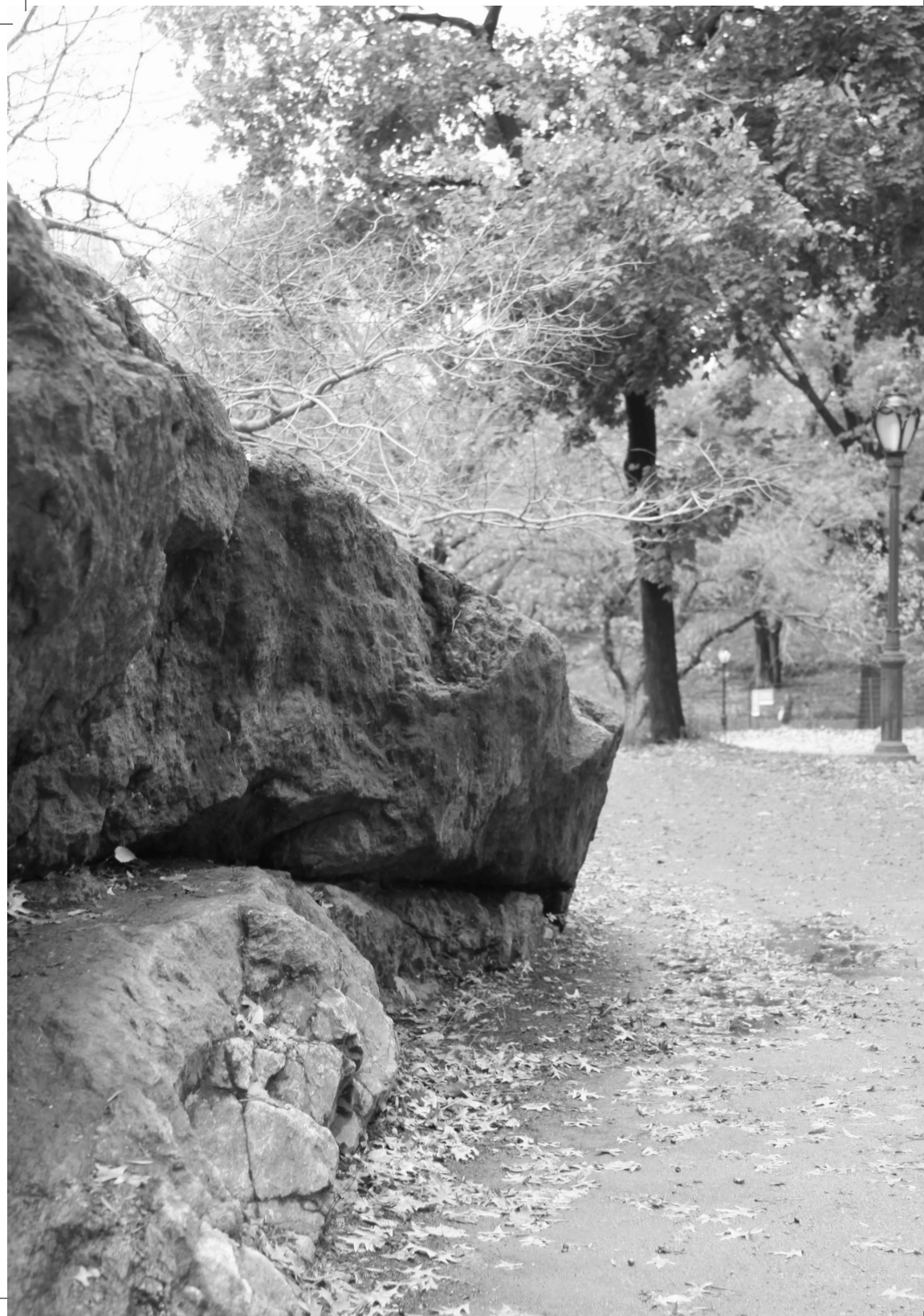
¹³ Rem Koolhaas, *New York Délire*, p. 20

¹⁴ *Ibidem*

de l'île et se présente comme le seul niveau horizontal de base, de par le nivellement qu'elle a engendré, le découpage par îlots et la trame viaire qui en découlent. Si Rem Koolhaas parle de *schisme vertical* à l'intérieur des gratte-ciels, lorsque l'on considère la profondeur et l'épaisseur de la ville, c'est le plan de la grille qui apparaît comme une séparation forte. Pour notre interprétation, cette grille constituera le niveau - et tracé - de référence sur lequel on se place fictivement, la *condition zéro*, pour étudier l'influence du modèle vertical sur la profondeur.

Partant de ce plan de référence, l'architecte ou l'urbaniste peut imaginer de multiples réponses en profondeur à ce modèle vertical artificiel et gigantesque. Quelle que soit la dimension de la proposition, il est fascinant de se projeter et d'évaluer la portée et le questionnement induit par une provocation telle qu'un miroir souterrain des gratte-ciels, une ville parallèle creusée, une tranchée dans une rue ou encore une « bulle » à la Oscar Newman, ou même simplement la reconversion d'une ancienne station de métro. Le développement par entrées thématiques qui suit peut ainsi se présenter comme un outil qui non seulement dresse un portrait du Manhattan profond mais qui peut aussi enrichir des premiers élans de projets nourris par la fascination pour l'épaisseur de ce méga-village.





LA GÉOLOGIE

Manhattan, comme *usine de l'artificiel où le naturel et le réel ont cessé d'exister*¹, ne semble au premier abord pas être un lieu où la géologie et l'état « naturel » ont une importance prépondérante dans la structure de la ville. Cependant, s'il faut évidemment être conscient que toute construction, et d'autant plus celle d'un gratte-ciel, nécessite une connaissance précise de la composition naturelle du sol, la géologie particulière de l'île est un facteur déterminant pour sa verticalité caractéristique. En outre, être informé sur la condition naturelle de Manhattan permettra de mieux comprendre par la suite l'influence réciproque de la profondeur sur le développement urbain. Enfin, la connaissance de ces aspects permet pour la construction souterraine de dégager et d'exploiter des conflits et des synergies avec les éléments naturels.

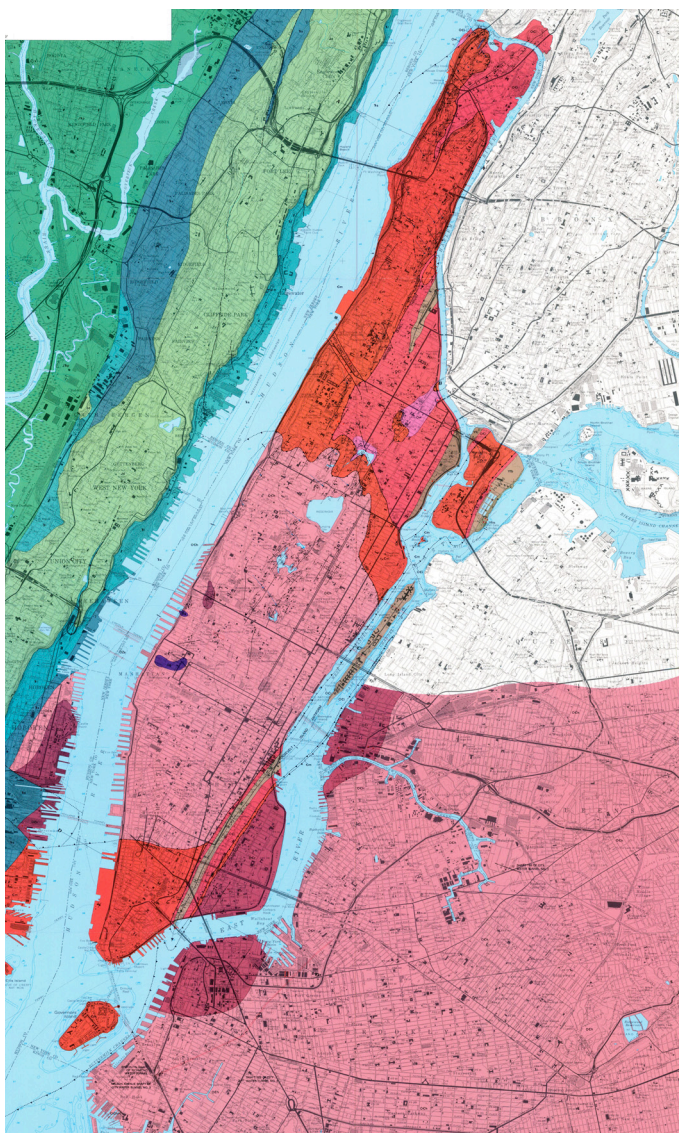
ROCHE-MÈRE

A Manhattan, le *bedrock*, soit la couche de roche dure du sous-sol ou roche-mère, est très proche de la surface du sol. Des affleurements de cette couche rocheuse, qui témoignent de sa proximité, sont visibles notamment à *Central Park*, qui est le lieu d'une mise en scène pittoresque de l'état « artificiellement naturel », ou encore au *J.Hood Wright Park* ainsi que dans les zones encore vallonnées du Nord. Sa profondeur est tout de même variable puisque l'épaisseur comprise entre la roche-mère et les constructions en surface est composée d'une couche plus ou moins profonde de terrains meubles, à la fois naturels avec des mélanges d'argiles, limons, sables, graviers et blocs rocheux, et artificiels avec divers remblais issus par exemples d'excavations ou de démolitions.

¹ Rem Koolhaas, *New York Délire*, p. 9

À gauche : la roche-mère affleurant à Central Park

*Carte géologique
USGS montrant
les couches de
roches de nature
différentes au
niveau de la
mer et coupes
géologiques*

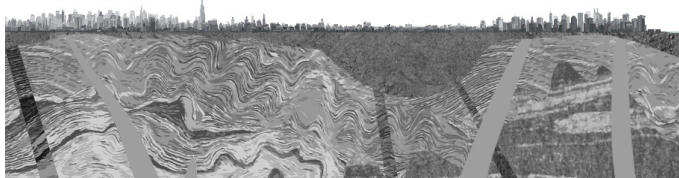


L'U.S. Department of the Interior a produit un relevé géologique - l'*USGS* -, grâce aux données récoltées auprès de divers services de l'Etat, qui se présente sous la forme de deux cartes accompagnées de descriptions et d'analyses. L'une est la carte géologique qui représente les types de roches présentes sur le plan du niveau de la mer, accompagnée de quelques coupes. L'autre est la carte ingénierique, qui regroupe les roches par similarité de propriétés mécaniques et indique le tracé des principaux tunnels ainsi que le relief général de la roche-mère. À cette seconde carte est joint un texte qui détaille les enjeux constructifs principaux liés au sous-sol. Si ces cartes sont fiables pour donner une idée générale de la condition géologique de l'île, elles se basent sur des données récoltées ponctuellement à des époques différentes et il est nécessaire d'effectuer des sondages lors de chaque construction.

La roche-mère est composée de couches de roches de nature différente, qui s'imbriquent les unes dans les autres de manière complexe. Le Manhattan Schist en majorité, le Gneiss Fordham, la formation Hartland et le marbre d'Inwood sont les principales. Quelques autres types de gneiss et de schistes, ainsi que des granites, amphibolites et granodiorites sont également présents, en moindre proportion et incluses parmi les couches des roches précédemment citées, sachant notamment que la formation Hartland se compose elle-même d'une alternance solide de différentes roches. Les roches présentes sont majoritairement métamorphiques, donc nées suite à une transformation à l'état solide à cause de modifications des paramètres physico-chimiques de leur milieu. Le Gneiss Fordham et le Manhattan Schist sont les plus anciennes, formées en grande profondeur il y a respectivement un milliard et 450 millions d'années et repoussées à la surface lors de la dérive des continents. Les roches sont pour la plupart dites dures, à l'exception du marbre d'Inwood, de dureté moyenne. La majorité de ces roches ont de plus une structure en « feuilles » superposées, dont le sens de superposition importe pour la stabilité des constructions. Enfin, les couches de différentes nature sont séparées par des failles, qui ont pour la plupart une inclinaison faible à proximité de la surface et plongent selon des pentes croissantes. Elles sont peu visibles au sol, en raison de l'urbanisation et du fait qu'elles ne définissent pas

de fractures notables en surface. En profondeur en revanche, elles peuvent être par endroits marquées par des espacements plus importants, le long desquels les propriétés des roches peuvent être altérées.

Parallélisme bed-rock/skyline au Sud de Central Park - les distances verticales du sous-sol sont ici exagérées



De manière générale, la proximité de cette roche et sa dureté sont favorables à la construction de grande hauteur, pour des raisons de facilité d'ancrage. A Manhattan, il est cependant frappant de relever le parallélisme entre la *skyline* formée par les bâtiments et la profondeur de la roche-mère. Il apparaît que les deux quartiers dont les gratte-ciels sont les plus élevés, *Midtown* au Sud de *Central Park* et *Financial District* à la pointe Sud de l'île, sont dans des zones où le bedrock est proche voire en contact avec la surface, ce qui semble cohérent du point de vue de la construction des fondations de bâtiments de grande hauteur. A l'inverse, la zone plus basse située entre ces deux zones hautes correspond à l'endroit où la roche-mère plonge et atteint sa profondeur maximale, environ 50m en dessous de la surface. En dehors de ces zones, de manière simplifiée, la roche-mère affleure également à *Central Park* et dans le Nord vallonné de l'île, et plonge aux abords des côtes et le long du tracé de certains anciens cours d'eau.

Plusieurs études récentes contestent la théorie de la correspondance délibérée entre la profondeur de la roche dure et la hauteur des bâtiments en mettant en avant des arguments d'économie territoriale, liés premièrement à la colonisation depuis le Sud puis à un développement polycentrique au fur et à mesure des installations vers le Nord, avec des centres économiques puissants qui auraient une influence plus importante sur la hauteur des bâtiments que les facteurs géologiques. Il n'en demeure pas moins que, quelles qu'en soient les raisons, ce relatif parallélisme est incontestable et caractérise de manière forte la relation entre la ville et sa géologie, au moins

pour la partie au Sud de *Central Park* et au-delà du fait que la proximité et la nature de la roche-mère favorisent la construction verticale. Par extension, on peut dire qu'à la caractérisation des différents quartiers s'ajoute ainsi le paramètre des différents sous-sols géologiques ou artificiels, et des différentes fondations et sous-sols construits qui en découlent.

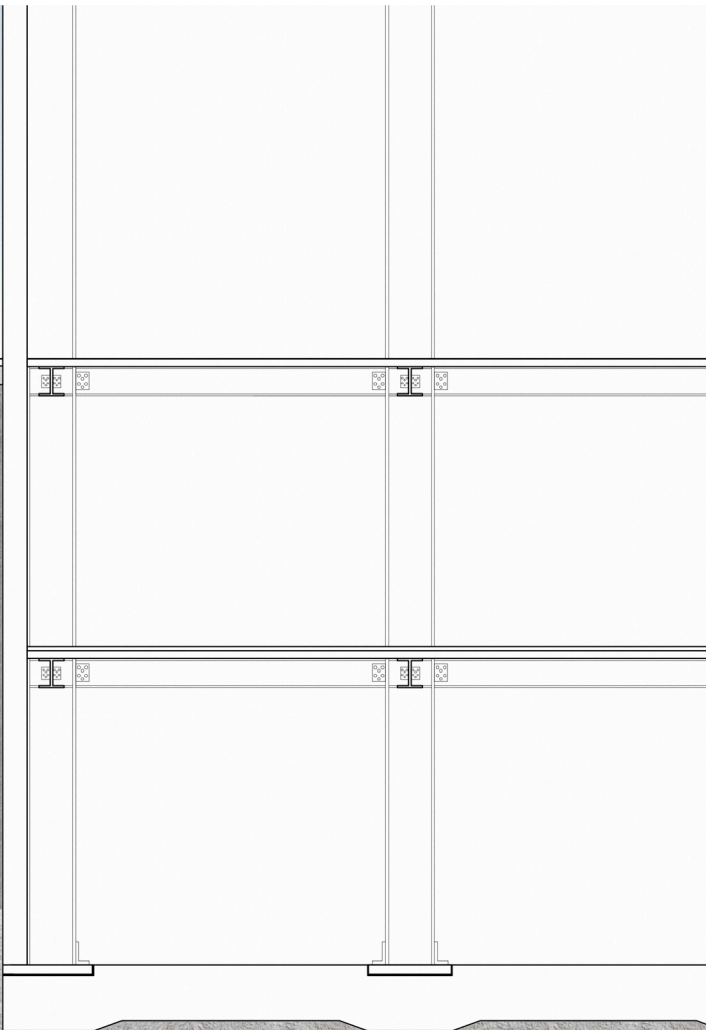
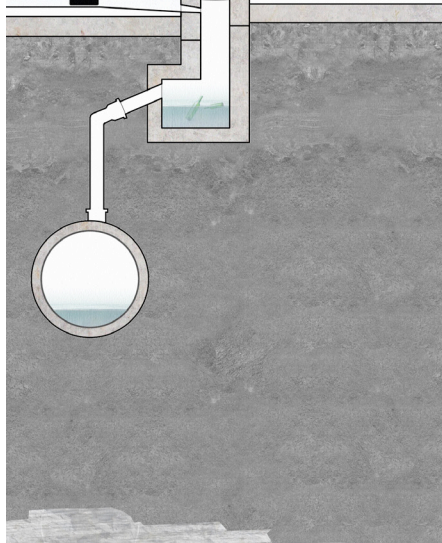
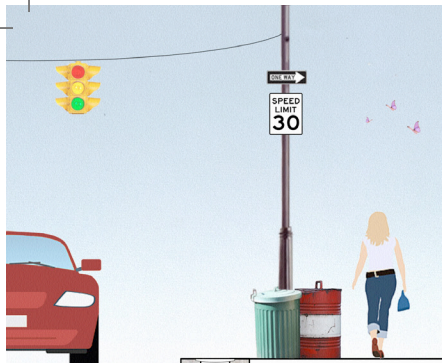
CONSTRUCTION SOUTERRAINE ET FONDATIONS

La construction souterraine est très différente selon la nature du sol. Un sol dur et rocheux ne doit pas être soutenu et est stable. « *On peut s'appuyer sur lui, s'ancrer à ses flancs, construire contre lui ou encore le laisser simplement apparent et intouché. Il assure sa propre stabilité et devient partie essentielle de la structure de l'ensemble.* »¹ En contrepartie de ces avantages en termes de structure et d'atmosphère, il est difficile à creuser. A Manhattan, à l'exception du marbre d'Inwood qui est relativement facile à tailler et à rompre, les roches présentes et leur superposition nécessitent un équipement lourd et spécifique - comme par exemple des foreuses armées de mèches diamant/tungstène - ou des explosions pour être creusées. De plus, la difficulté d'excavation augmente avec la profondeur. A l'inverse, les terrains meubles, ici en surface, sont aisément manipulés mais doivent être soutenus car ils sont beaucoup moins stables. La présence d'eau, discutée plus loin, est également un facteur déterminant quant à la composition et la construction du sous-sol.

Suivant la profondeur de la roche-mère et la nature des sols, le type de fondations employé pour stabiliser un bâtiment diffère. Nous distinguerons ici deux cas principaux : celui dans lequel la roche-mère est proche de la surface et celui dans lequel elle est plus éloignée.

Dans le cas où la roche-mère est proche de la surface, dans les zones hautes du Sud de *Central Park* et certaines zones des quartiers plus au Nord, l'ancrage des bâtiments est relativement aisé. S'il faut tenir compte de la nature précise des roches et de l'éventuelle rencontre de différentes couches géologiques ou de la présence de failles, les bâtiments peu-

¹ Michel Malet, *Vingt Mille Lieux sous les Terres*, p. 18



0 0.5 1 2 3m

vent être facilement « posés » ou ancrés dans la roche. Evidemment, cela s'étudie au cas par cas et dépend du type de fondations et de la profondeur d'éventuels ancrages, mais ces aspects impliquent que l'espace en dessous des bâtiments soit composé de roche dure et soit potentiellement disponible pour de la construction souterraine creusée.

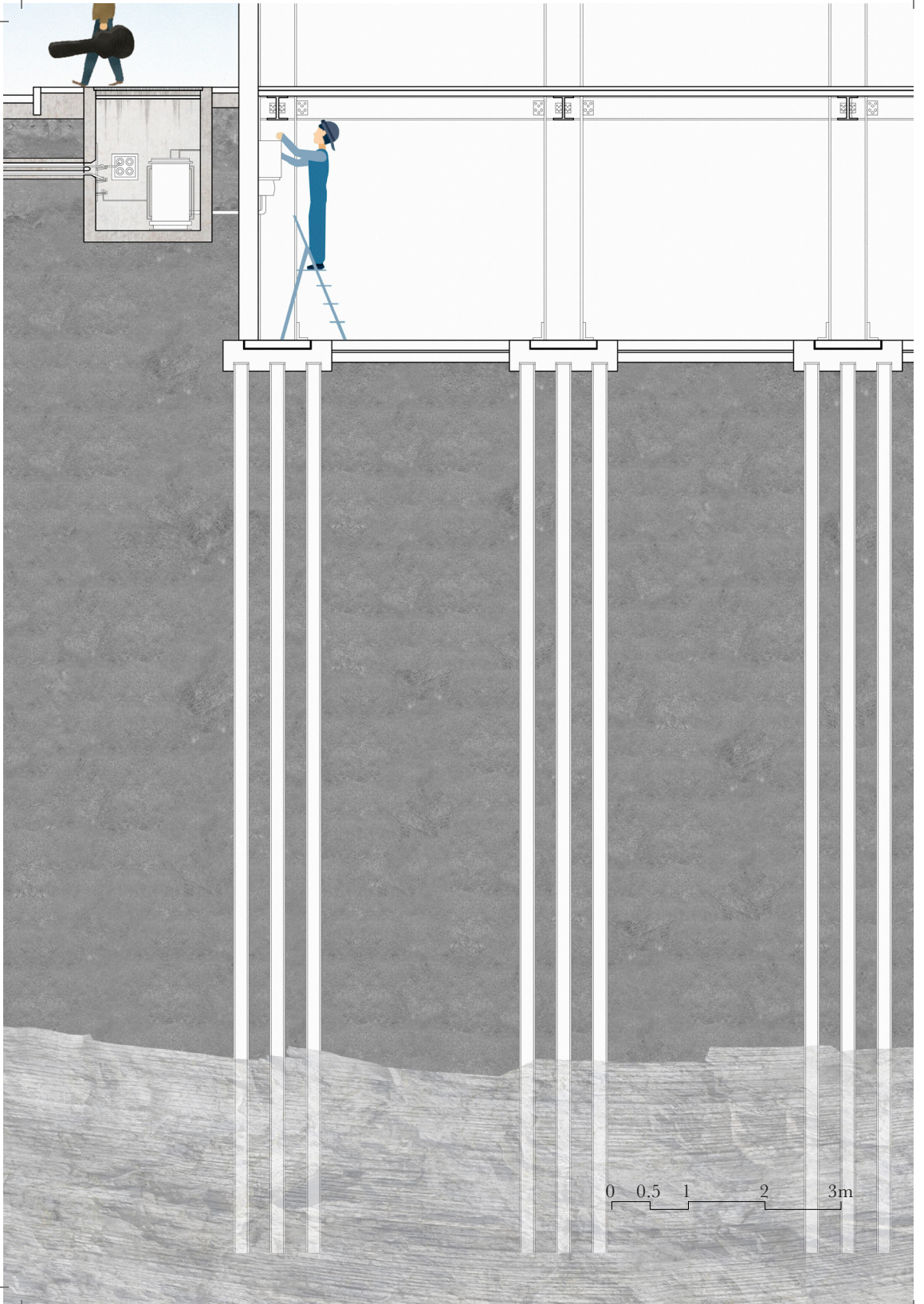
Dans le cas où la roche-mère est plus profonde, le sol sous la surface est donc composé de terrains meubles plus ou moins stables. Suivant la nature de ces terrains et la distance à laquelle se situe la roche-mère, trois types de fondations peuvent être employés : une semelle épaisse, qui répartit la charge sur le terrain, des pieux de frottement, qui jouent sur la surface de contact entre les pieux et le terrain pour stabiliser le bâtiment, ou des pieux qui atteignent la profondeur de la roche pour s'y poser ou s'y ancrer. Cela implique une occupation beaucoup plus dense au-dessous des bâtiments que dans le premier cas. Les éventuelles constructions souterraines - hors sous-sols des bâtiments - peuvent donc prendre place plus profondément, dans la roche, ou sous les espaces non construits, dans les terrains meubles.

Il s'agit des cas typiques, qui doivent être adaptés selon les constructions. A titre d'exemple, l'*Empire State Building*, deuxième gratte-ciel le plus élevé de Manhattan, est construit au Sud de *Midtown* dans une zone où la roche-mère se trouve environ 20m en dessous de la surface. Du fait de sa hauteur, il a dû être solidement ancré dans la roche. Ainsi, des pieux métalliques traversent les terrains meubles pour pénétrer dans la roche. Entre la surface de celle-ci et le niveau de la surface extérieure, ils sont stabilisés par 4 épaisses dalles de béton.

ÉTAT NATUREL: MANNAHATTA

En plus des aspects purement géologiques, l'état d'origine - on entend ici pré-colonial - permet d'aller plus loin pour comprendre la composition de la profondeur de Manhattan. Dans l'optique de cette étude, la source d'information principale est le travail de recherche *The Mannahatta Project* dirigé par Eric Sanderson, écologiste du paysage à la *Wildlife Conservation Society*, transcrit notamment dans son ouvrage

À gauche : principe de fondations lorsque la roche-mère est proche de la surface



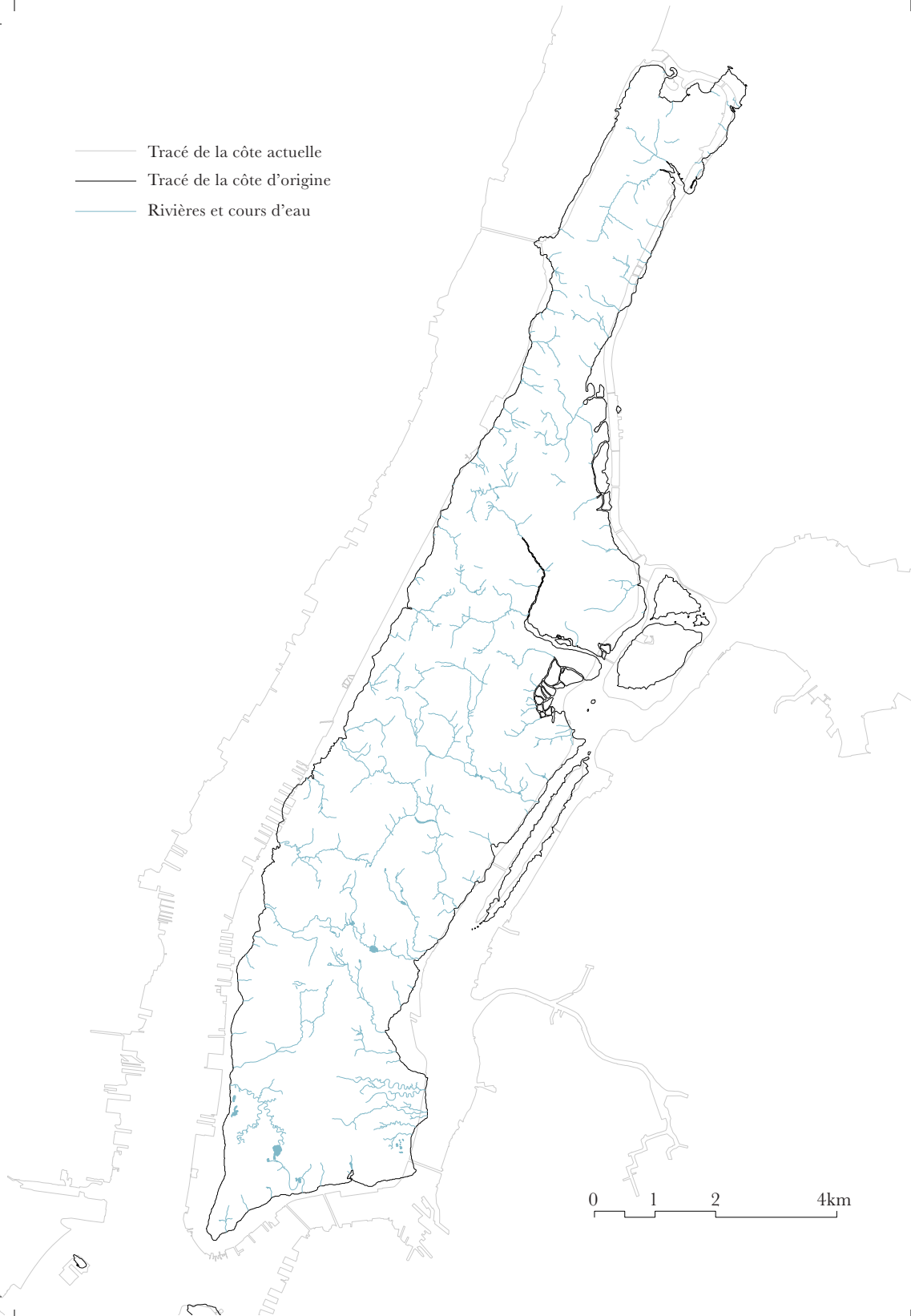
Mannahatta : a natural history of New York City. Fasciné par la carte des quartiers généraux anglais pendant la guerre de Sécession, situés à l'extrême Sud de Manhattan, il s'est attelé à reconstituer l'état de l'île au moment de l'arrivée de l'explorateur anglais Henry Hudson, mandaté par les Hollandais, en septembre 1609. L'île fut alors décrite comme un paysage vallonné, très irrigué et support d'une exceptionnelle biodiversité. Le but de la recherche d'Eric Sanderson est d'en comprendre les caractéristiques et d'en étudier l'évolution, ainsi qu'en déduire des pistes de développement pour le futur, d'un point de vue écologique surtout.

Le premier enseignement concerne la question du relief. La carte en question montre en effet un territoire très vallonné au Nord de la zone habitée, même si les reliefs sont peu précisément décrits - les représentations en courbes de niveaux n'étant apparues que beaucoup plus tard. Eric Sanderson et son équipe ont pu reconstituer un modèle tridimensionnel du relief de Manhattan avant la colonisation, en croisant le dessin des anglais, des informations relevées sur les affleurements rocheux existants, et des données collectées par John Randel Jr. lorsqu'il fut chargé de délimiter par des bornes les parcelles définies par la grille. Il s'avère que l'île, nommée *Mannahatta*, soit *l'île aux nombreuses collines*, par les indiens Lenape qui l'habitaient alors et vivaient de ses ressources, avait un relief marqué par 573 collines au total. La plus haute, qui culminait à environ 82m d'altitude, se situe à l'emplacement de *Benett Park*, au Nord de l'île, toujours son point le plus haut. Si la plupart de ces reliefs ne sont plus visibles aujourd'hui, il est intéressant de noter que certains points hauts de Central Park, *The Ramble*, *Vista Rock* et *The Great Hill*, correspondent à des collines originelles de l'île, bien que partiellement réduites. Le Nord de Manhattan - à partir du Nord de *Central Park* et de plus en plus en se rapprochant du Nord - comporte encore quelques collines qui sont également des indices du relief originel du lieu. Il faut également relever que beaucoup des vallées étaient partiellement remplies de dépôts glaciaires, peu stables en eux-mêmes pour la construction.

Le travail d'Eric Sanderson, croisé avec la carte de Vieie de 1865, « encore utilisée par les ingénieurs comme instrument principal

À gauche : principe de fondations lorsque la roche-mère est éloignée de la surface

- Tracé de la côte actuelle
- Tracé de la côte d'origine
- Rivières et cours d'eau



permettant de connaître le tracé des cours d'eau de l'île » ¹, montre aussi que Manhattan était très irriguée, avec de nombreuses rivières, ruisseaux, marais, étangs, mares et également de beaucoup de sources - environ 300. Le niveau des marais variait avec les marées, mais il était possible de se déplacer en canot dans Manhattan, et tel était toujours le cas dans les premières formes de villes au Sud. Beaucoup des terrains meubles étaient par ailleurs boueux et marécageux. Les noms de quelques rues actuelles, *Canal Street* par exemple, ou encore *Minetta Lane* - qui tire son nom du ruisseau *Minetta Brook* - , gardent une mémoire en surface de ces cours d'eau. Par rapport aux eaux souterraines, il faut noter qu'elles constituent un compartiment d'eau important dont le volume et la répartition varient. Les terrains meubles présents, composés en grande partie de dépôts morainiques - d'origine glaciaire - ne peuvent pas contenir constituer des aquifères de volume conséquent. Les terrains durs, notamment ceux du Sud de Manhattan, peuvent en revanche collecter d'importantes quantités d'eau. Les rivières de surface sont en outre quasiment toujours associés à des écoulements souterrains dont l'intensité diffère en fonction de la nature du substrat. Aux abords des rives de l'île, les eaux douces sont mêlées aux eaux salées et le niveau piézométrique - soit le niveau des eaux souterraines - varie avec le cycle des marées. La présence d'eau salée peut avoir des conséquences néfastes sur les constructions souterraines en accélérant la corrosion des matériaux.



Carte de Viele,
1865

¹ Julia Solis, *New York Underground : The Anatomy of a City*, p. 13

À gauche : carte des cours d'eau à l'état naturel

+5

Elevation en mètres
au-dessus du niveau de
la mer





Image d'Eric Sanderson, mettant en parallèle la situation originelle et actuelle de l'île

À gauche: carte du relief originel de Manhattan



LA GRILLE

Lorsque l'on est conscient des composantes naturelles et originelles de Manhattan, la trame orthogonale et horizontale comme condition de base du modèle d'urbanisme prend une toute autre portée. Au début des années 1800, alors que Manhattan est un lieu très favorable aux échanges commerciaux, de par son emplacement d'une part sur la façade Atlantique et d'autre part à l'embouchure de l'Hudson River qui permet de remonter par bateau jusqu'aux grands lacs, la partie habitée au Sud est déjà urbanisée sur toute sa surface. Les autorités de la ville décident que son développement vers le Nord doit être planifié. Les *comissionners*, Simeon De Witt, John Rutherford et le gouverneur Morris, sont alors mandatés par l'Etat en 1807 pour effectuer cette tâche. Cette « grille rectiligne étendue sur toutes les routes existantes, les domaines agricoles, les collines, les cours d'eau, marais et maisons »¹, prévoit ainsi en 1811 l'urbanisation de la quasi-totalité des 58,8 km² de l'île et s'inspire et prolonge la logique du dessin des grilles existantes depuis les années 1780 dans la partie Sud. Qualifié par Rem Koolhaas comme « la prédiction la plus courageuse de l'histoire de la civilisation occidentale »², la mise en place de cette grille prend comme postulat de base une annihilation des contraintes portées par la condition naturelle. Si cet aspect a permis un développement urbain exceptionnel - la population de Manhattan ayant été multipliée par 8 entre l'instauration de la grille et 1860 lorsqu'il fut décidé de prolonger le premier dessin au-delà de la 155^{ème} rue jusqu'à la pointe Nord - le nivellement induit a eu des conséquences considérables sur la profondeur et l'épaisseur de la ville. Il faut préciser pour la suite de ce chapitre que de ce point de vue, si la grille de 1811 est la partie la plus étendue, la logique de nivellement est la même

¹ Eric Homburger, *Historical Atlas of New York City*, p. 68

² Rem Koolhaas, *New York Déléire*, p. 18

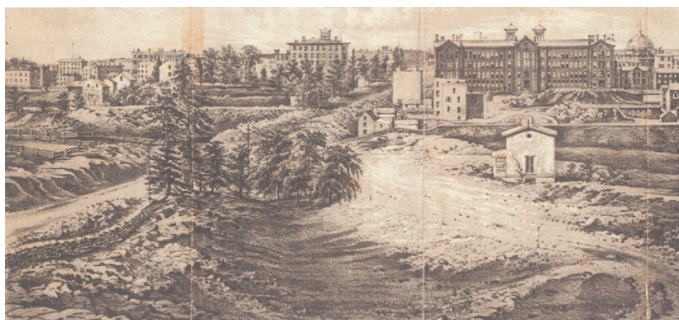
À gauche : Manhattan vue du ciel

que pour les grilles de la partie plus au Sud. L'ensemble peut donc être considéré comme un même plan horizontal. Pour rappel, seuls l'extrême Nord de l'île et *Central Park* - où le relief a dans ce cas tout de même été modifié - présentent encore des collines marquées.

RUES ET AVENUES

Lors de l'application progressive de la grille sur le territoire, il avait été décidé que les rues et avenues devaient être à un niveau relativement constant, en continuité avec la zone au Sud déjà aplanie. Celles-ci étaient logiquement aménagées avant les parcelles qui les bordent, progressivement avec l'étalement vers le Nord. Ainsi, il a fallu par endroits creuser le terrain, et à d'autres compenser la différence de niveau. Pour ce faire, le terrain naturel a donc partiellement été comblé suivant le tracé des routes mais de nombreux ponts ont aussi été construits afin de franchir les dépressions, notamment pour passer au-dessus des cours d'eau. Cela implique d'une part que le niveau des routes soit majoritairement artificiellement aplani, et d'autre part que la composition du sol sous celles-ci soit en grande partie artificielle. Les « rues-pont » constituent notamment un aspect qu'il est aujourd'hui impossible de détecter en surface, alors qu'en profondeur cela les différencie beaucoup de rues « traditionnelles ». Il n'existe pas de cartographie de ces rues-pont, mais la densité des cours d'eaux naturels permet d'estimer qu'elles sont relativement fréquentes. Par exemple, sous *Canal Street*, il existe toujours une rivière, couverte en 1821, sur laquelle les explorateurs urbains d'aujourd'hui peuvent faire du kayak,

*Lithographie de
G. Hayward
représentant le
nivellement au
croisement entre
la 5th Avenue et
63rd Street*



du fait que le canal d'origine a été franchi par des ponts, invisibles aujourd'hui.

COMBLEMENT ET ARASEMENT

La carte *Fill and Excavation*, extraite de l'ouvrage d'Eric Sanderson, montre qu'au fur et à mesure de l'application de la grille sur le terrain et en continuité avec les travaux d'aménagement des rues, le relief a été nivellé grâce à la fois à des comblements des dépressions ainsi qu'à des arasements des collines afin de le rendre plus ou moins horizontal. Le plan de la grille obtenu fournit donc un niveau constant artificiel, par endroits à l'emplacement d'anciens reliefs « coupés » et par endroits au-dessus de remblais. Lorsque l'on superpose la carte *Fill and Excavation* au tracé de la grille, il apparaît d'autant plus qu'il s'agit là dans son ensemble d'une opération de nivellement d'une envergure exceptionnelle. Les faibles pentes qui persistent aujourd'hui sont, mis à part les reliefs du Nord et de Central Park, les seules traces des reliefs d'origine. En profondeur en revanche, la composition des sols témoigne de cette histoire.

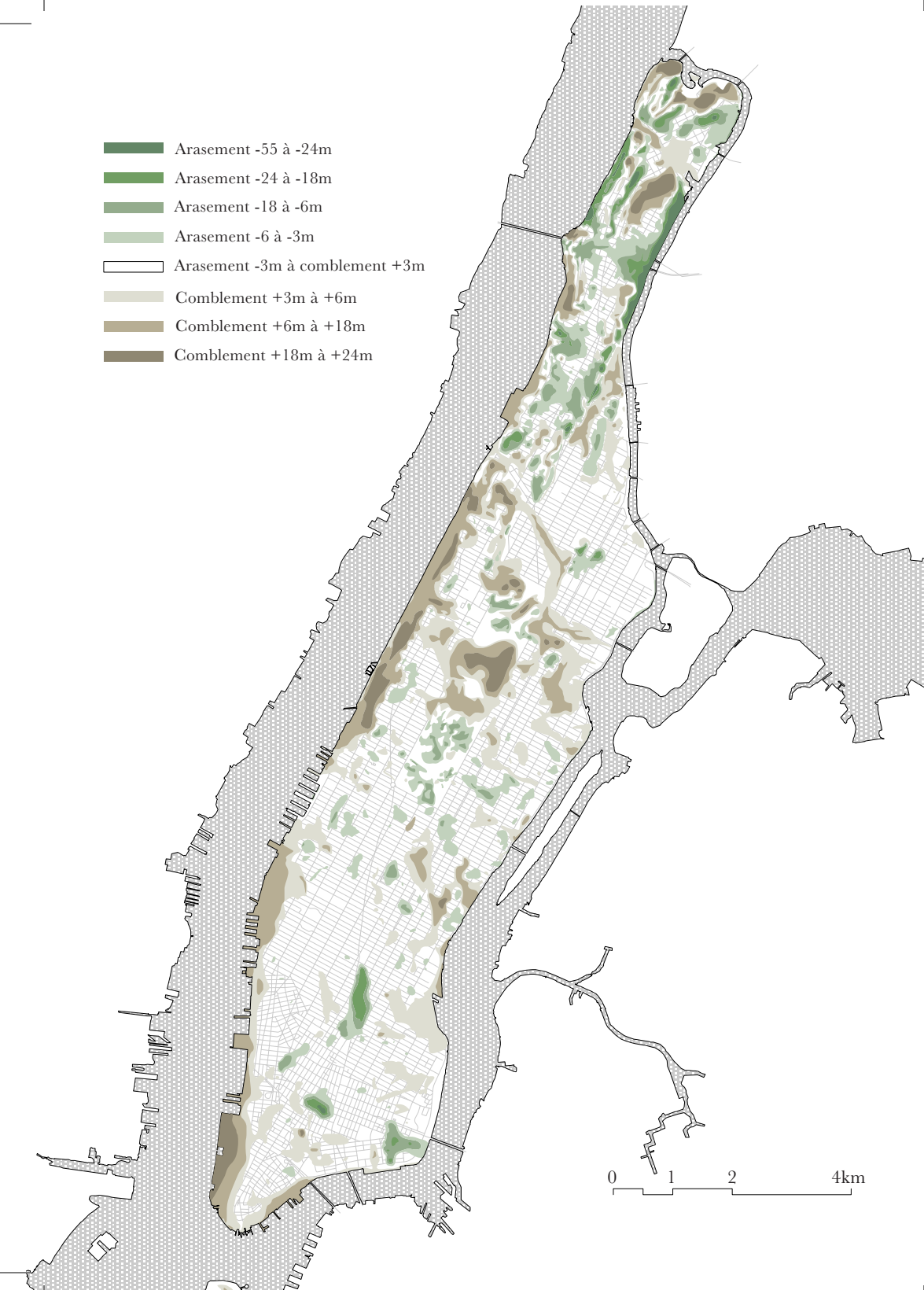
Le long du rivage de l'île également, le tracé des côtes est petit à petit devenu en grande majorité artificiel. Les terrains découverts par les marées appartenaient à l'origine à la commune et une fois rachetés, le propriétaire était libre d'y placer du remblai pour construire des aménagements ou des bâtiments. Au cours de l'histoire, les matériaux excavés lors des constructions, entre autres du métro, ont en partie servi à agrandir les terrains côtiers. C'est notamment le cas de Bat-



*Lithographie de
G. Hayward
représentant la
modification de
la topographie à
Central Park en
1859*

- Arasement -55 à -24m
- Arasement -24 à -18m
- Arasement -18 à -6m
- Arasement -6 à -3m
- Arasement -3m à comblement +3m
- Comblement +3m à +6m
- Comblement +6m à +18m
- Comblement +18m à +24m

0 1 2 4km



tery Park City, quartier construit « sur » l'*Hudson River* en partie Ouest de l'extrémité Sud de Manhattan, sur les remblais excavés à la fin des années 60 lors de la construction du *World Trade Center*.

En outre, ce système de nivellement est lourd de conséquences pour les hydrosystèmes naturels. Contrairement aux nombreuses villes qui se développent autour des points d'eau naturels et cherchent plutôt à les valoriser ou à en tirer profit, ils ont été à Manhattan progressivement « recouverts » par des terrains à bâtir - et des rues. Les étangs et marécages ont pour la plupart été comblés ou asséchés, et les cours d'eaux déviés, canalisés, comblés ou « enjambés ». Dans tous les cas, ces derniers circulent encore aujourd'hui en dessous de la ville sous forme de rivières souterraines, souvent suivant leur tracé originel, le long de vallées formées par la roche ou de failles. Dans ces endroits, il faut donc s'attendre lors d'excavations à rencontrer de l'eau dont on ne peut pas simplement obstruer la source. L'*Empire State Building* par exemple, est construit à l'emplacement d'un ancien domaine agricole qui était traversé par une rivière. Ses sous-sols les plus profonds sont donc constamment inondés. De plus, les circulations d'eau souterraine provenant du ruissellement sont fortement influencées par l'urbanisation qui ne permet pas l'infiltration naturelle des eaux et surcharge ponctuellement le sol d'eau lors d'épisodes pluvieux. Par ailleurs, les eaux venant de la surface sont très polluées. Cela qui pose problème non seulement pour les écosystèmes souterrains mais aussi pour les fondations des bâtiments et les constructions souterraines, en raison de réactions chimiques ou bactériologiques dues à cette pollution. L'eau, naturellement composante du souterrain, représente donc une contrainte particulière pour la construction en profondeur du fait des conséquences de l'application de la grille et du type d'urbanisation qu'elle engendre.

À gauche: carte des comblements et arasements



LES RÉSEAUX

Lorsque l'on fait un projet d'architecture ou d'urbanisme souterrain de manière générale, on ne traite souvent pas les trois premiers mètres sous la surface, occupés par des réseaux complexes et parfois anciens.¹ Cette épaisseur peut s'avérer plus importante lorsque l'on parle de sites aussi denses que Manhattan. Dans ce *borough* insulaire, dense et congestionné, les réseaux doivent satisfaire une demande considérable : « *unique dans l'étendue et la profondeur de ses informations, voilà la ville qui ne dort jamais, opérationnelle 24/7* »². La consommation d'eau de ses 1,6 millions habitants ou les grands écrans de *Times Square*, allumés jour et nuit, sont des illustrations particulièrement fortes de cette demande importante et constante en énergie.

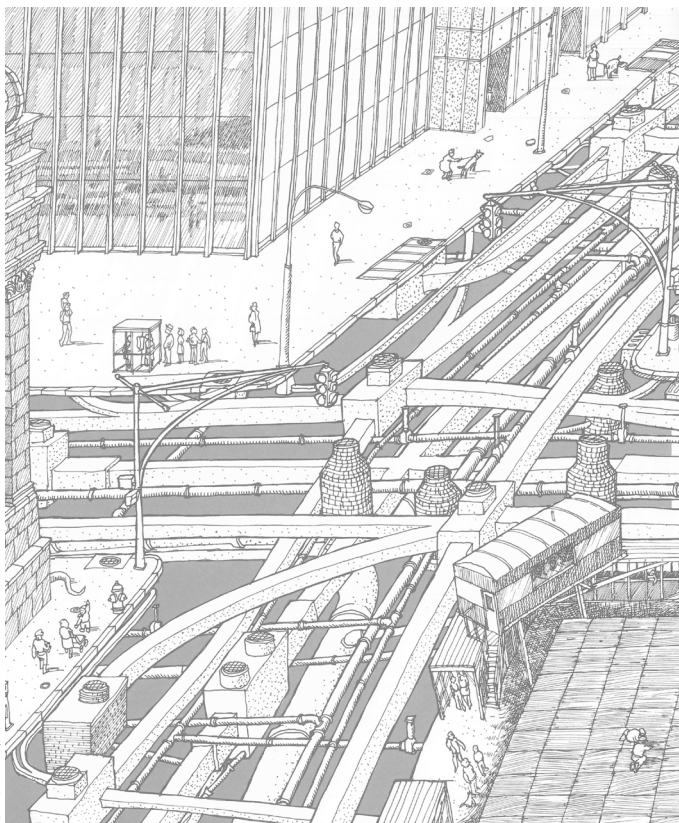
Les systèmes d'infrastructures prennent en effet place majoritairement en sous-sol, en grande partie sous le réseau viaire défini par la grille et desservent les blocs. Ils sont une composante importante de la substance de la profondeur de ces routes. Une coordination spatiale souterraine de ces installations est de plus nécessaire pour que chacun dispose de la place, des raccordements et de la continuité qui lui sont nécessaires, d'autant plus lorsqu'un réseau de métro est également présent sous la route. Il faut pour cela comprendre les bases du fonctionnement de chacun de ces réseaux et en quoi leur positionnement en profondeur influence leur organisation.

Afin de comprendre quelle est leur place dans l'épaisseur de Manhattan et comment ils permettent de relever des possibles synergies ou des enjeux relatifs au projet souterrain, les réseaux sont classés dans ce qui suit selon deux catégo-

¹ Selon la recherche *Deep City*, Geolep, EPFL

² Kate Ascher, *The Works, Anatomy of a City*, int. de couverture

À gauche : illustration montrant l'emprise des réseaux sous le réseau viaire



ries : les réseaux de distribution d'énergie, puis les systèmes d'eau potable et d'égouts. Les différents types de réseaux se différencient aussi évidemment par le type de service fourni et les programmes annexes qu'ils nécessitent, ainsi que par leur profondeur et le type de conduites. Ils définissent aussi par ailleurs une relation spécifique avec les ressources et l'environnement naturels. Ces derniers critères pourraient aussi être des points d'entrée pour l'analyse. Les réseaux étant des systèmes continus, ils seront donc expliqués et discutés l'un après l'autre, mais ces différents angles d'analyse doivent être pensés simultanément afin d'évaluer la portée de chacun.

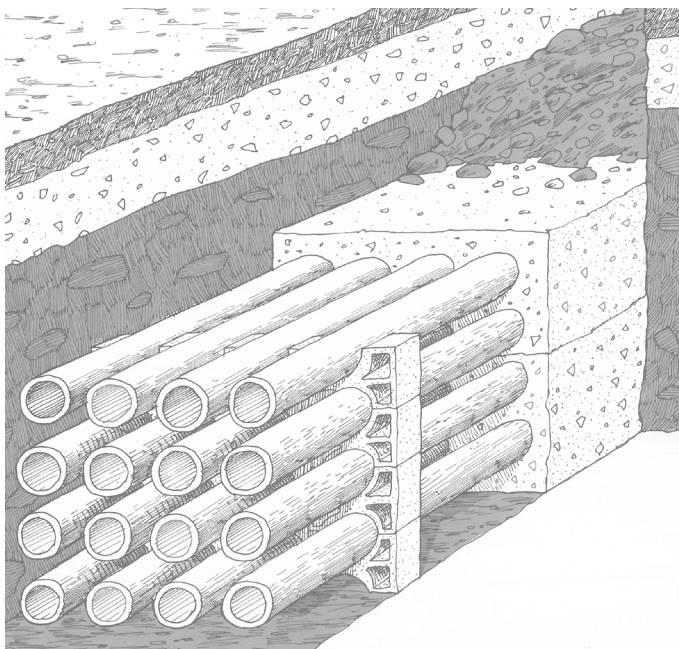
ÉNERGIES

New York est une ville particulièrement dépendante de l'électricité. En plus des besoins de ses habitants et travailleurs, des ascenseurs et de l'éclairage public, beaucoup d'autres équipements fonctionnent grâce à l'électricité, notamment les métros, les systèmes informatiques, les systèmes d'air conditionné ou encore les réseaux de télécommunications ou les panneaux lumineux. L'histoire de l'électricité à New York remonte à bien avant l'apparition d'objets quotidiens nécessitant le raccordement au courant. « *En 1882, la Edison Electric Illuminating Company of New York, prédécesseur de Con Edison, permit d'illuminer un quartier autour de Pearl Street sur une surface de 1600 mètres carrés grâce à l'électricité, plutôt que le gaz* »¹. Depuis, la production d'électricité a été délocalisée hors de l'île. Les centrales principales sont réparties dans les quatre autres boroughs. « *Quatre d'entre elles sont situées dans le Queens et fournissent environ la moitié de l'électricité utilisée par la ville.* »². Ces centrales sont complétées par des petits générateurs qui permettent de satisfaire les pics de demande. La ville est par ailleurs reliée à la *State Grid*, elle-même alimentée par des centrales réparties dans tout l'Etat de New-York et en dehors (pour 20% au maximum de l'apport). Depuis les centrales de production, l'électricité traverse des lignes à haute tension aériennes puis des transformateurs, à partir desquels le réseau devient souterrain. Les câbles, enrobés de

¹ Kate Ascher, *The Works, Anatomy of a City*, p. 92

² *Ibidem*, p. 98

*Illustration
montrant la
répartition des
tubes électriques
dans le sol*

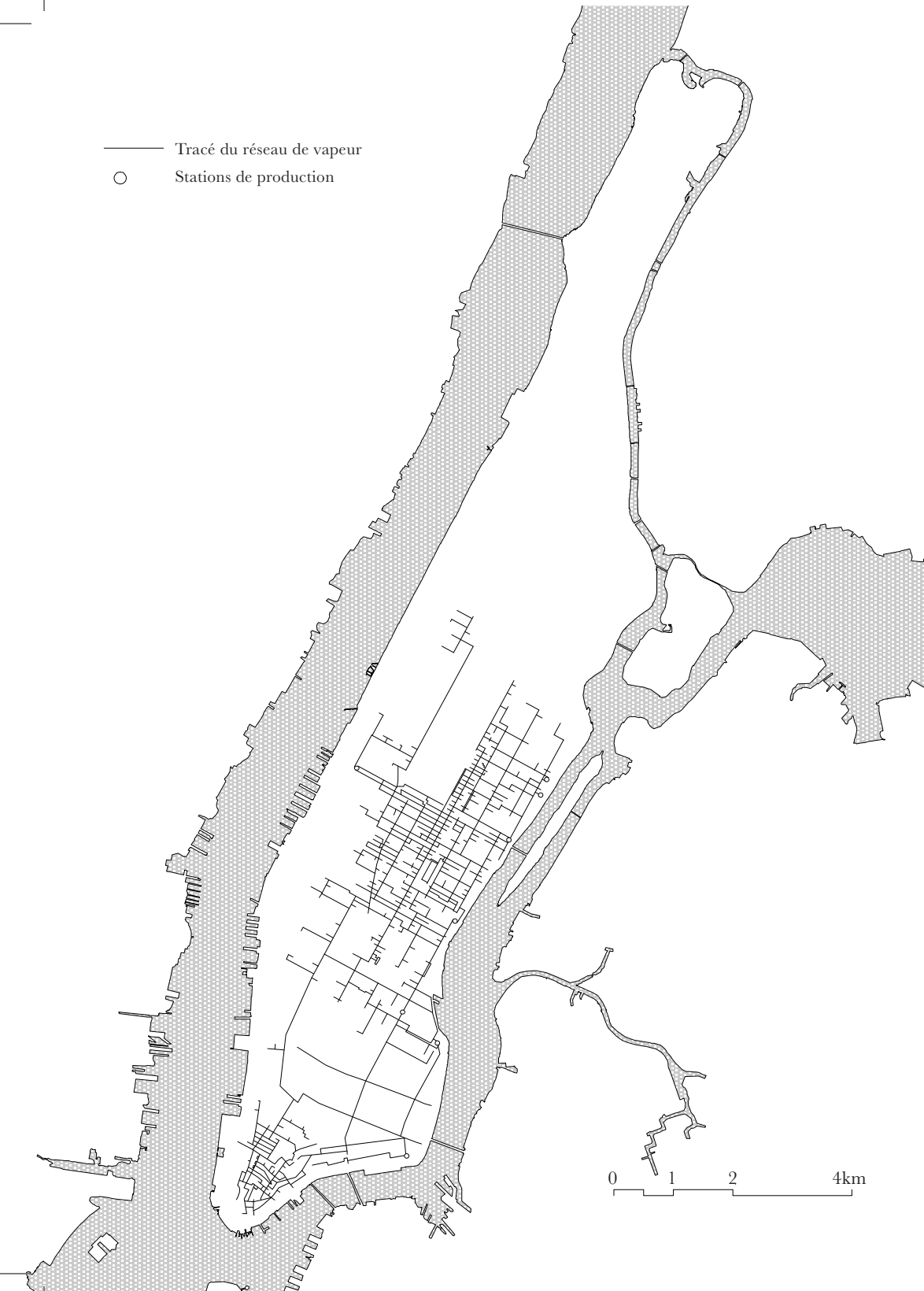


néoprène, sont alors en général groupés dans des conduites rigides, elles-mêmes regroupées et maintenues par des supports en béton, avant d'être réparties dans l'arborescence du réseau. A Manhattan, celui-ci suit globalement la grille très proche de la surface, et nécessite de nombreuses sous-stations où l'électricité est répartie entre les différents équipements et réseaux. Il s'agit souvent de petits bâtiments intégrés aux îlots urbains. De nombreuses chambres de visites souterraines, de section rectangulaire, sont également nécessaires et se situent à l'emplacement des embranchements ou des nœuds du réseau, ou de transformateurs. Elles sont par ailleurs fondamentales pour la mise en place du réseau (les câbles étant tirées d'une chambre à l'autre). Chaque bloc est donc relié au réseau le long du tracé viaire, et possède à l'interne des tableaux de distribution. Si les conduites d'électricité sont peu volumineuses, les programmes et petits bâtiments complémentaires sont nombreux. La répartition de la production en fonction de la demande implique de plus l'existence d'importants organes de gestion.

« *L'utilisation de gaz comme source d'énergie remonte à il y a plus de 200 ans* »³, et assurait notamment l'éclairage public avant que l'électricité ne devienne la source de premier choix. Le gaz était alors produit par combustion du charbon. De nos jours, le gaz est toujours très demandé à New York, par quatre groupes d'utilisateurs : les utilisateurs privés, les utilisateurs commerciaux, les utilisateurs industriels et les producteurs d'électricité. A Manhattan même, ce sont les deux premiers groupes qui constituent la demande majeure, pour le chauffage, l'air conditionné et la cuisine, même si les services fournis par les deux autres sont aussi distribués sur l'île. Le gaz est aujourd'hui principalement du gaz naturel, qui provient du Texas, de Louisiane et du Canada et qui est acheminé par pipelines et stocké dans des cuves, parfois sous forme liquide. Il est distribué à travers Manhattan par *Con Ed* via un réseau souterrain suivant la trame orthogonale. De nombreuses chambres de visites permettent notamment de contrôler et réguler la pression et gérer la distribution. Depuis les 50 dernières années, le réseau a subi de nombreux travaux, entre

³ Kate Ascher, *The Works, Anatomy of a City*, p. 110

- Tracé du réseau de vapeur
- Stations de production

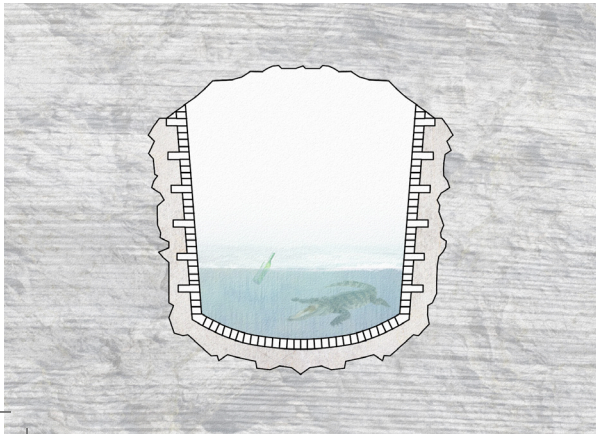
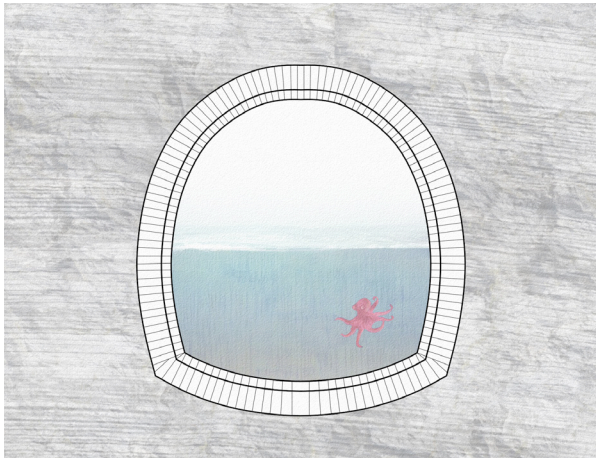
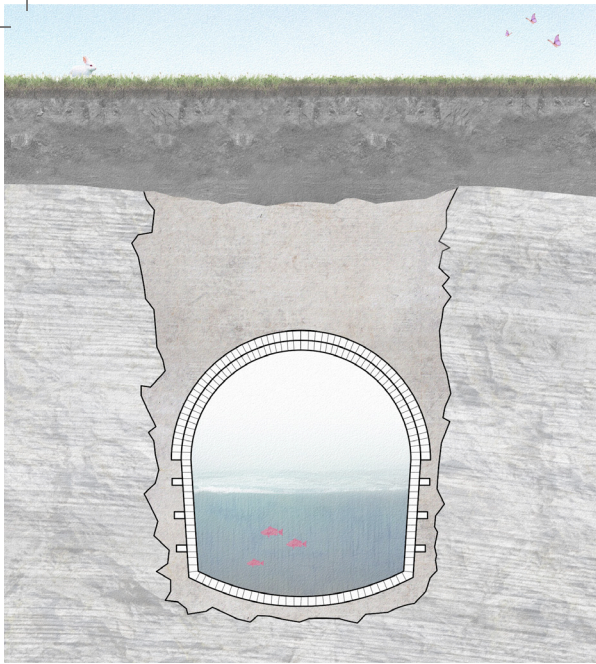


autre le remplacement des conduites en fonte par des tuyaux en acier et plastique. La circulation et la pression dans le réseau sont surveillés depuis un centre de contrôle, jusqu'où les informations sont transmises grâce à un couplage avec le réseau de téléphone.

Depuis les années 1880, la ville utilise également un réseau de vapeur pour le chauffage et le refroidissement des bâtiments. A l'échelle de la ville, cela représente une demande relativement faible, venant de grands bâtiments, comme le *Metropolitan Museum of Arts*, l'*Empire State Building*, le *Rockefeller Center* ou le siège de l'ONU, comme de plus petits. Pour certains services, comme le nettoyage à sec ou les hôpitaux - pour la stérilisation - , cette infrastructure est particulièrement bienvenue. Si elle est peu courante aujourd'hui, cette solution fait à Manhattan partie intégrante de la ville de part la présence de son réseau et du fait des émanations typiques de vapeur qu'il induit en surface et qui témoignent de sa présence en profondeur - ces fumeroles ne sont d'ailleurs pas dues à des fuites mais à l'évaporation d'eau qui entre en contact avec les conduites exposées dans les chambres de visite. La vapeur est distribuée à Manhattan par *Con Ed*, depuis cinq stations locales de productions et deux sous-stations, relais depuis des stations de production en dehors de l'île. Le réseau de distribution, qui lui aussi suit le tracé des routes, est le plus profond - de 1 à 5m de profondeur pour la plupart - et est celui qui a les conduites les plus larges - de 60 à 90cm en général - de cette première catégorie de réseaux. Les tuyaux, en acier pour les plus récents et en fonte pour les plus anciens, sont entourés d'isolant et de béton, et doivent être munis de joints d'expansion. Les vannes et valves se situent aux endroits des chambres de visites et sont manipulables depuis le niveau de la rue à l'aide d'une tige munie d'une clé spécifique. Ces dernières possèdent deux ouvertures pour une meilleure circulation de l'air.

En parallèle de ces réseaux énergétiques, il existe des réseaux plus secondaires, notamment celui de téléphone, groupé au réseau électrique - à l'exception de son passage au central téléphonique et par les relais de téléphonie mobile. On peut aussi noter la présence d'un ancien réseau postal pneuma-

À gauche: carte du réseau de vapeur



0 0.5 1 2 3m

tique souterrain datant de 1897, qui dans un premier temps reliait le *General Post Office* au *Produce Exchange*, puis a été étendu pour former une double boucle sur l'île jusqu'à la hauteur de Harlem, puis pour rejoindre Brooklyn. Il a été en fonction jusqu'en 1953, mais ses coûts de fonctionnement très élevés et plusieurs lobbies ont conduit à sa fermeture.

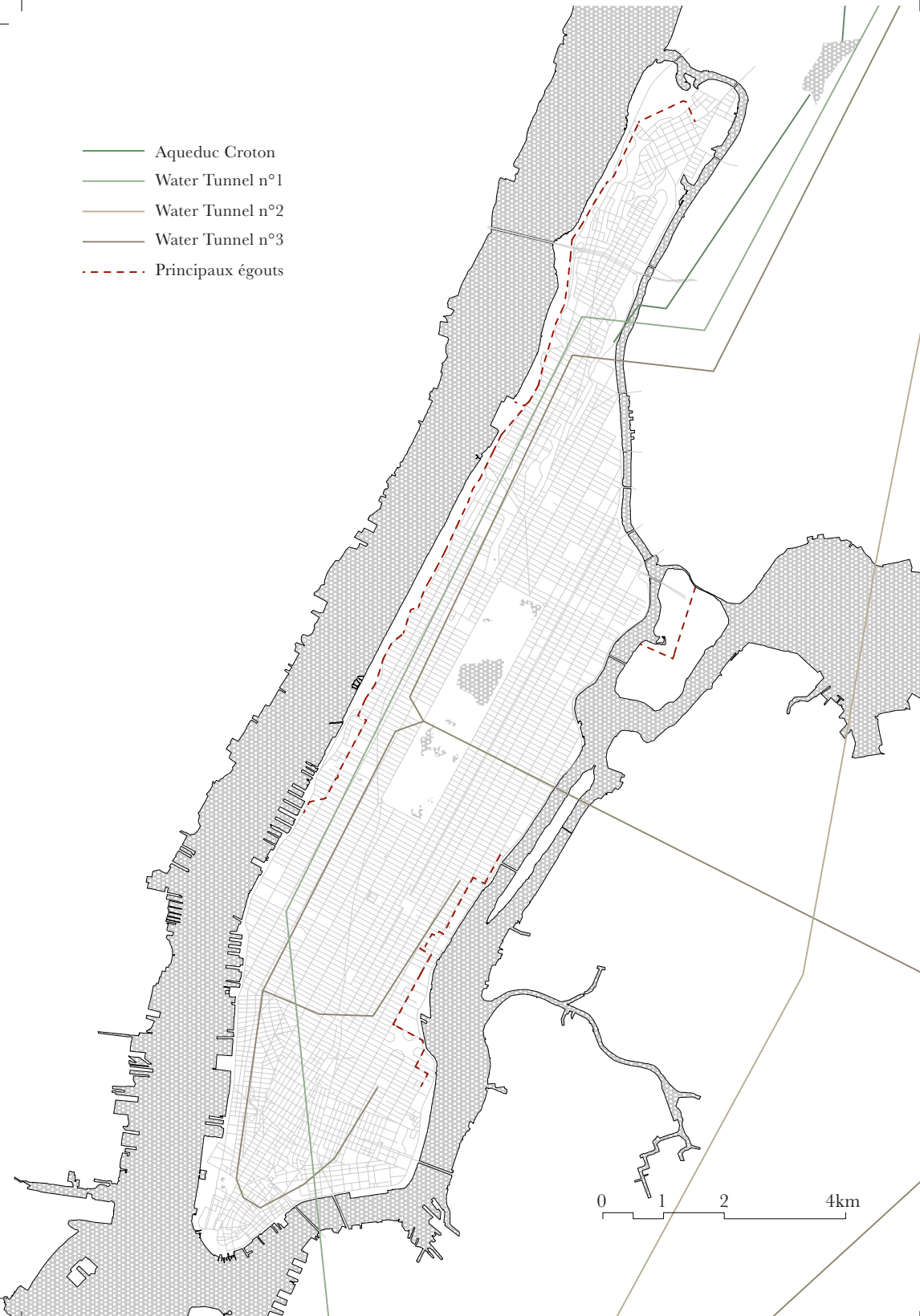
EAU ET ÉGOUTS

La distribution d'eau potable à Manhattan remonte aux alentours de 1677, avec la mise en place d'un puits public à *Bowling Green*. Par la suite, *Collect Pond* dans *Lower Manhattan* - depuis asséché et comblé grâce à l'arasement de *Bayard's Mount* - , devint le « réservoir naturel » le plus utilisé, mais des problèmes sanitaires apparaissent rapidement, dus à la pollution des eaux de surface. En 1799, une compagnie privée, *Manhattan Company*, mit en place un système de distribution par des tuyaux en bois situés juste sous les rues permettant d'amener l'eau dans Lower Manhattan chez les consommateurs payant une taxe, mais cela ne suffit pas à éviter les problèmes sanitaires. Dans les sous-sols de l'île, l'eau est de plus en grande partie salée et également polluée, et ne peut donc pas être utilisée comme eau potable. Ces difficultés seront résolues en 1842 lorsque le système du *Croton Aqueduct* a été mis en place. Un barrage a été construit sur la rivière *Croton*, plus au Nord dans le *Westchester County*, afin de créer des réservoirs alimentant un aqueduc en partie souterrain se déversant dans des bassins de stockage sur Manhattan, à l'emplacement actuel de la *Great Lawn* de *Central Park* et à celui de la *New York Public Library*. Cet aqueduc, construit en briques, a été adapté le long de son tracé en terme de construction et de morphologie pour répondre aux différents sols rencontrés et peu prévisibles à l'époque.

Aujourd'hui, les réservoirs du *Croton System* sont toujours utilisés, pour satisfaire environ 10% de la demande en eau de New York, mais l'ancien aqueduc est désaffecté. Deux systèmes supplémentaires, le *Catskill System* et le *Delaware System*, fournissent la majorité de l'eau nécessaire, depuis des réservoirs situés bien plus au Nord, à des distances de 150 à 250km de la ville. L'eau provenant des trois systèmes est acheminée

À gauche : différentes sections des égouts et aqueducs souterrains

- Aqueduc Croton
- Water Tunnel n°1
- Water Tunnel n°2
- Water Tunnel n°3
- - - Principaux égouts



par gravité dans des aqueducs souterrains jusqu'aux réservoirs de stockage au Nord de la ville. Ces aqueducs peuvent avoir des sections de formes variées, toujours caractéristiques de la construction souterraine, en général courbées vers l'extérieur, voutées, ou circulaires. Ils sont construits en briques pour le système *Croton*, et peuvent être creusés à des profondeurs pouvant atteindre 300m sous le niveau de la mer pour les deux systèmes plus récents. Depuis les réservoirs, le *Hillview Reservoir* et le *Jerome Park Reservoir*, la ville est desservie par les *City Water Tunnels No.1, No.2 et No.3*, d'un diamètre de 5 à 8mètres.

Les tunnels n°1 et n°2, respectivement mis en service en 1917 et 1936 n'ont jamais cessé d'être en fonction depuis. Ils sont complétés petit à petit par le tunnel n°3, dont la construction a commencé en 1970 et sera achevée en 2020. Celui-ci est mis en service au fur et à mesure de la construction de ses différentes étapes, et permet d'effectuer un entretien nécessaire dans les deux plus anciens. A Manhattan, ce sont les tunnels n°1 et n°3 qui assurent la distribution primaire d'eau. Ces tunnels sont creusés profondément dans la roche-mère, entre 60 et 150m de profondeur. Ils sont construits en béton, avec une section circulaire. De nos jours, le tunnel n°3 peut être construit avec une foreuse à tunnels perfectionnée, du type de celle utilisée pour creuser le tunnel sous la Manche, qui produit des tunnels plus lisses que ceux plus anciens creusés à la dynamite, et qui nécessitent ainsi moins de béton pour constituer les parois. Les coffrages métalliques permettent aujourd'hui de couler le béton sur toute la section en une seule fois. Des chambres à vannes, espaces souterrains de grand volume, sont placés le long des tunnels et permettent de réguler les différents flux.

Des tunnels de plus petite section rejoignent le réseau plus fin de distribution, qui suit la grille viaire. Ce réseau se compose de trois types de conduites, de la plus à la moins large : les *mains*, d'un diamètre de 60cm à 2m et espacés d'environ 1.5km, les *submains* ou *distribution mains*, de 15 à 50cm de diamètre et situés sous chaque route, et les *service lines*, de 3 à 20cm de diamètre, qui rejoignent les bâtiments et les bornes hydrantes. Des chambres de visites, en général construites en maçonnerie selon un plan circulaire s'affinant vers la sur-

À gauche: carte des tunnels d'eau potable et égouts principaux

face, sont placées le long des tracés des conduites principales. Elles permettent un accès aux différentes vannes. Des valves de régulation de la pression sont également placées le long des conduites et manipulables depuis la rue. Il est particulièrement intéressant de noter qu'à Manhattan, la circulation d'eau dans ce réseau se fait à 95% sans pompes, grâce à des principes de gravité et de pression induits par l'altitude des réservoir supérieure à celle de la ville et les sections de conduites employées. En ce qui concerne la desserte des bâtiments, grâce à ces mêmes principes « *l'eau peut atteindre, sans l'aide d'une pompe, le 6^e niveau de chaque bâtiment.* »¹ Pour les bâtiments de plus de six niveaux, l'eau est en général acheminée par des pompes dans des réservoirs en hauteur, souvent visibles sur les toitures, et est ensuite distribuée par gravité dans les différents étages.

En réponse à cet apport d'eau, un système d'égouts est nécessaire. La construction d'égouts souterrains a commencé en 1865 sous l'autorité du *Croton Aqueduct Department*. Aujourd'hui, ce réseau est le système d'égouts le plus étendu des Etats-Unis. Il comprend des conduites de 15 à 90cm de diamètre qui collectent les eaux usées des blocs, sans surprise, le long du tracé de la grille viaire. L'arborescence met ensuite en jeu des conduites de section de plus en plus importante, jusqu'aux stations d'épuration. Les tuyaux principaux sont souvent construits en briques, en particulier les plus anciens. Les conduites principales, en pente, sont enterrées à plus de 10m, en dessous des tuyaux d'eau propre, pour éviter toute contamination en cas de fuite. A Manhattan, les eaux usées ont pendant longtemps été rejetées en grande partie dans la mer. Si ce n'est plus le cas aujourd'hui, il faut quand même noter que le réseau n'est pas séparatif. Les eaux de pluie et les eaux usées sont déversées dans les mêmes conduites et le réseau est souvent surchargé en cas de fortes pluies, le surplus étant toujours déversé dans les cours d'eau. La ville cherche à résoudre ce problème avec la construction de bassins de rétention.

¹ Kate Ascher, *The Works, Anatomy of a City*, p. 158

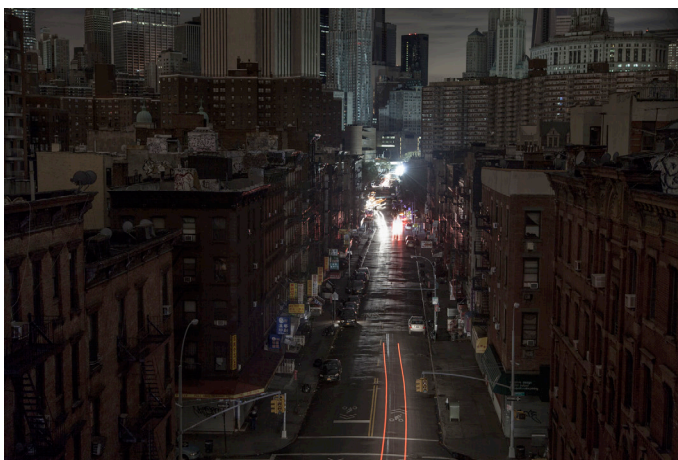
DURABILITÉ, ÉNERGIE ET PROFONDEUR

Il apparaît que les réseaux de services de Manhattan, développés en souterrain suivant la grille qui les caractérise, sont spécialement performants. Néanmoins, la ville est extrêmement dépendante de ceux-ci, qui nécessitent une gestion lourde et particulièrement réactive. Il arrive, comme évoqué avec les égouts, que les systèmes soient surchargés, ou qu'ils soient dépassés par des catastrophes naturelles. Par exemple, l'ouragan Sandy en 2012 a véritablement paralysé la ville pendant plusieurs jours en coupant son réseau électrique, de même que des épisodes plus anciens de *blackout*. Ces événements peuvent sembler inévitables mais rappellent à quel point la métropole gigantesque et fantasmatique dépend de ces ressources.

De plus, Manhattan est très consommatrice d'énergie. Même si l'on considère sa densité, elle est loin d'être en avance par rapport aux mesures aujourd'hui courantes d'économies d'énergie. Par exemple, les sources d'énergie pour la production d'électricité sont en grande partie fossiles. Ce sont en effet majoritairement le gaz, le charbon et l'énergie nucléaire. Seule une très faible proportion est actuellement produite grâce à des sources plus vertes, comme l'énergie hydraulique ou éolienne. En outre, la valeur des biens immobiliers pousse à délocaliser toutes les productions d'énergies, entre autres programmes de services aux habitants, en dehors de Manhattan. À l'intérieur de l'île, relevons que c'est la profondeur de la grille qui est le support de ces ressources. Son tracé rationalise et normalise l'étendue des réseaux, même si leur développement a été différent et si la source du service fourni varie également. Les blocs sont de plus ainsi desservis par leur sous-sol de manière standardisée.

En 2007, Michael Bloomberg, alors Maire de la ville de New York, dévoile *PlaNYC 2030*, « un plan pour faire de New York la première ville durable d'Amérique »¹. Il s'agit d'un ensemble de stratégies portant sur différents thèmes et associant différents domaines : urbanisme, énergies, transport, espaces publics... Sur le plan énergétique, l'objectif est de « réduire d'un tiers la

¹ Jean-Louis Cohen, Ariella Masboungi, *New York : Réguler pour Innover, les Années Bloomberg*, p. 41



*Photographies
prises à Chi-
natown lors du
blackout survenu
après l'ouragan
Sandy, 2012*

consommation de la ville à l'horizon 2030 »², ainsi que de proposer des « *centrales électriques plus propres* »³ et « *créer un marché pour les énergies renouvelables* »⁴. Un autre volet de ce programme consiste en une campagne de sensibilisation des habitants dans le but d'une diminution des consommations. Le maire actuel, Bill de Blasio, poursuit ces campagnes pour faire prendre conscience au consommateur du changement climatique et du rôle qu'ils peuvent jouer. Il vise de plus à améliorer les standards énergétiques et la durabilité en général des bâtiments de la ville.

D'un point de vue énergétique, il apparaît donc que des changements sont en cours. Dans cette optique, à l'image de la piscine souterraine de Helsinki, peu demandeuse en énergie pour être maintenue à température du fait qu'elle soit enterrée, la construction en profondeur peut apporter de nombreux avantages. Par exemple, la température y est naturellement quasi constante sur l'année, les pertes thermiques sont moindres, de même que les risques de surchauffe. Si les lieux souterrains nécessitent des installations pour en contrôler l'environnement, tels qu'une ventilation et une lumière artificielles, il peut alors sembler pertinent d'y placer des programmes qui dans tous les cas nécessitent une atmosphère maîtrisée et pourraient tirer parti de la proximité au réseaux. Les salles de spectacles ou de cinéma, les studios d'enregistrement, les complexes sportifs, à l'instar de celui d'Helsinki, ou encore les laboratoires, zones de culture végétale hors-terre et salles de serveurs informatiques sont des exemples de programmes qui pourraient ainsi s'y trouver. Dans la profondeur, à une très grande proximité voire comme partie intégrante de la ville dense, de nouvelles synergies pourraient donc être trouvées entre des programmes, un potentiel réside dans la diversification et la combinaison des usages.

² Jean-Louis Cohen, Ariella Masbouni, *New York : Réguler pour Innover, les Années Bloomberg*, p. 41

³ *Ibidem*

⁴ *Ibidem*



LE MÉTRO

La grille, comme plan horizontal unique de base du modèle vertical, ne considère pas de programme en profondeur, à l'exception des sous-sols des îlots et des réseaux d'infrastructure. Au fur et à mesure de l'histoire, le système de transport public souterrain devient indispensable et entretient avec le niveau de la grille un rapport qui le caractérise. La présence de ce système, l'un des plus denses au monde et au-delà de l'importance de ce service dans le quotidien des New-Yorkais, est spatialement très conséquente et occupe une place particulière dans la ville. C'est tout un monde qui se manifeste en surface par quelques entrées et des vibrations sous les pieds des passants. Dès son ouverture, le métro est « *un miroir souterrain représentatif de la ville de New York, capturant son esprit, sa vitesse et son énergie* »¹.

En tant qu'actuelle infrastructure publique souterraine majeure à New York, le système du métro est non seulement pertinent à étudier pour comprendre la composition du souterrain de l'île de Manhattan, mais il définit aussi le rapport des New-Yorkais au souterrain. Il est de plus porteur de pistes riches concernant la construction d'espaces et d'équipements souterrains.

HISTOIRE & COMPAGNIES

Si le réseau de transport en commun de la ville de New York est aujourd'hui l'un des plus grands et les plus performants au monde, il a connu un développement mouvementé le mettant régulièrement dans une situation délicate.

Le premier à s'être penché sur la question du transport de per-

¹ *Vivan Heller, The City Beneath us, p. 17*

À gauche: ancienne station IRT de City Hall

sonnes en profondeur est Rufus Gilbert, en 1870. A l'époque, Manhattan est une ville désordonnée, insalubre et extrêmement dense, où la pauvreté est très présente. Gilbert comprend alors qu'un changement social important permettrait d'amener une solution à cela et réfléchit à une réforme du transit des masses urbaines. Il imagine alors un train souterrain permettant d'amener plus d'habitants au Nord de la ville, pour décongestionner les *slums*.

Gilbert fait appel à Alfred Ely Beach, politicien et inventeur du XIX^e siècle, pour l'aider dans sa démarche. Beach rêve depuis longtemps de la construction d'un métro pneumatique souterrain, tout en sachant que les autorités s'opposeraient à ce projet fou. L'association de Gilbert et Beach permet de mettre sur pied en secret le premier métro de la ville de New York, reliant Murray Street et Warren Street sur une distance de 312 pieds. Dès l'ouverture officielle, le *New York Herald pneumatic subway* convainc les utilisateurs, mais pas les politiciens qui contraignent Gilbert et Beach à fermer leur infrastructure illégale et refusent de fournir les financements nécessaires à l'amélioration du prototype.

La fin du XIX^e siècle se poursuit avec l'ère de gloire du métro aérien, activé par des locomotives à vapeur, qui sera rapidement saturé. Le besoin d'un métro souterrain de plus grande envergure, fonctionnant à l'électricité, se fait de plus en plus sentir.

Quelques années plus tard, A. Hewitt, ancien maire de la ville, propose un plan de financement pour un tel réseau : la ville propose de construire le métro à ses frais, et de louer l'infrastructure à des entreprises privées qui se chargeront de l'exploitation. L'inauguration en grande pompe de la première ligne de métro, mise en œuvre par l'*Interborough Rapid Transit*, a lieu en 1904. Son ouverture change significativement la vie des foules.

A ce moment là, l'*IRT* est propriétaire des lignes surélevées mais aussi des lignes souterraines de métro. Dans les années suivantes, et suite à divers contrats et associations, plusieurs autres compagnies sont créées (*BRT* puis *BMT*, *IND*), chacune



Méto pneumatique de Gilbert et Beach

gérant le réseau de transport de sa région et de ses lignes respectives. Dans les années 1940, à cause des problèmes financiers et de pérennité du système de transport ainsi réparti, un contrat est prévu entre la ville et les compagnies afin que toutes les compagnies existantes soient réunies en un seul et même réseau. C'est ainsi qu'en 1953 naît la *New York City Transit Authority*, encore active aujourd'hui, comme branche de l'entreprise publique *Metropolitan Transportation Authority* depuis 1968.

Un déclin du métro se fait sentir après la guerre; il est en effet très mal entretenu, les problèmes techniques sont de plus en plus fréquents, et il fait face à un problème de pollution des tunnels et des stations qui se remplissent de déchets. Ce déclin est à mettre en lien d'une part avec le manque de ressources investies dans l'entretien du réseau durant les années précédentes, mais aussi avec la politique de construction des années 50 qui, sous l'autorité de Robert Moses, favorise le réseau dédié à l'automobile et privilégie donc la construction de ponts, d'autoroutes et de parkings. Ce n'est que vers 1985 que David Gunn, président du *NYCTA*, redonne vie au métro en révolutionnant sa gestion, son fonctionnement et son image publique. C'est, par exemple, à lui que l'on doit le règlement interdisant la mise en fonction de trains couverts de graffitis, et la mise en valeur à travers des œuvres d'art des différentes stations.

*Construction
utilisant la tech-
nique du "cut &
cover", archives
du MTA*



CONSTRUCTION: DEUX MÉTHODES PRINCIPALES

Il existe plusieurs typologies constructives des tunnels de métros dans la ville de New York. Ces dernières dépendent principalement de la profondeur, de la nature du sol jouxtant les tunnels, et donc de la proximité à la surface de la roche-mère. Nous détaillerons dans ce qui suit les deux principales méthodes utilisées à Manhattan, la méthode *cut and cover* et la construction de tunnels profonds. La construction des portions sous les rivières est spécifique et relativement fréquente dans le réseau new-yorkais. Néanmoins, comme ce texte traite de Manhattan uniquement, celle-ci ne sera pas approfondie ici. On notera seulement qu'à l'exception des métros qui traversent les rivières par les ponts, la profondeur des voies augmente généralement à l'abord des rives, à l'instar des quelques tunnels routiers qui traversent les rivières. En proportion moindre il existe également quelques tunnels où la roche est directement à l'affleurement des parois, ainsi que des portions aériennes au Nord de l'île.

La première méthode utilisée pour construire le métro directement sous les rues ou les espaces libres en surface est la méthode dite *cut and cover*. Utilisée dès le début de la construction du métro, c'est la méthode choisie pour 56% du réseau.

L'ingénieur en chef responsable de la construction du métro à ses débuts est William Barclay Parson, âgé d'à peine 35 ans lorsqu'il est nommé. Il propose un plan pour l'ensemble de la ligne. Parsons développe une solution constructive répondant aux conditions géologiques de la ville, constituée par une roche-mère plus ou moins profonde et une couche de terrains meubles au-dessus. Pour éviter de devoir dynamiter en profondeur la roche-mère ou de devoir détruire les bâtiments existants, Parsons propose ainsi la solution *cut and cover* consistant en l'ouverture d'une tranchée dans le sol, en déviant les tuyaux ou câbles présents sous terre durant la période de construction, pour pouvoir refermer le sol dès que la structure du métro est mise en place. La construction s'opère donc en grande partie à l'air libre et l'ensemble "redevient souterrain" lorsque la rue au-dessus est reconstruite, ce qui est d'ailleurs de manière générale le cas de nombreuses construc-

*Construction de
la ligne BRT,
Tunnel de
Manhattan au
Queens, 1917*



*Construction de
la ligne BRT,
60th street et 4th
Avenue, 1915*

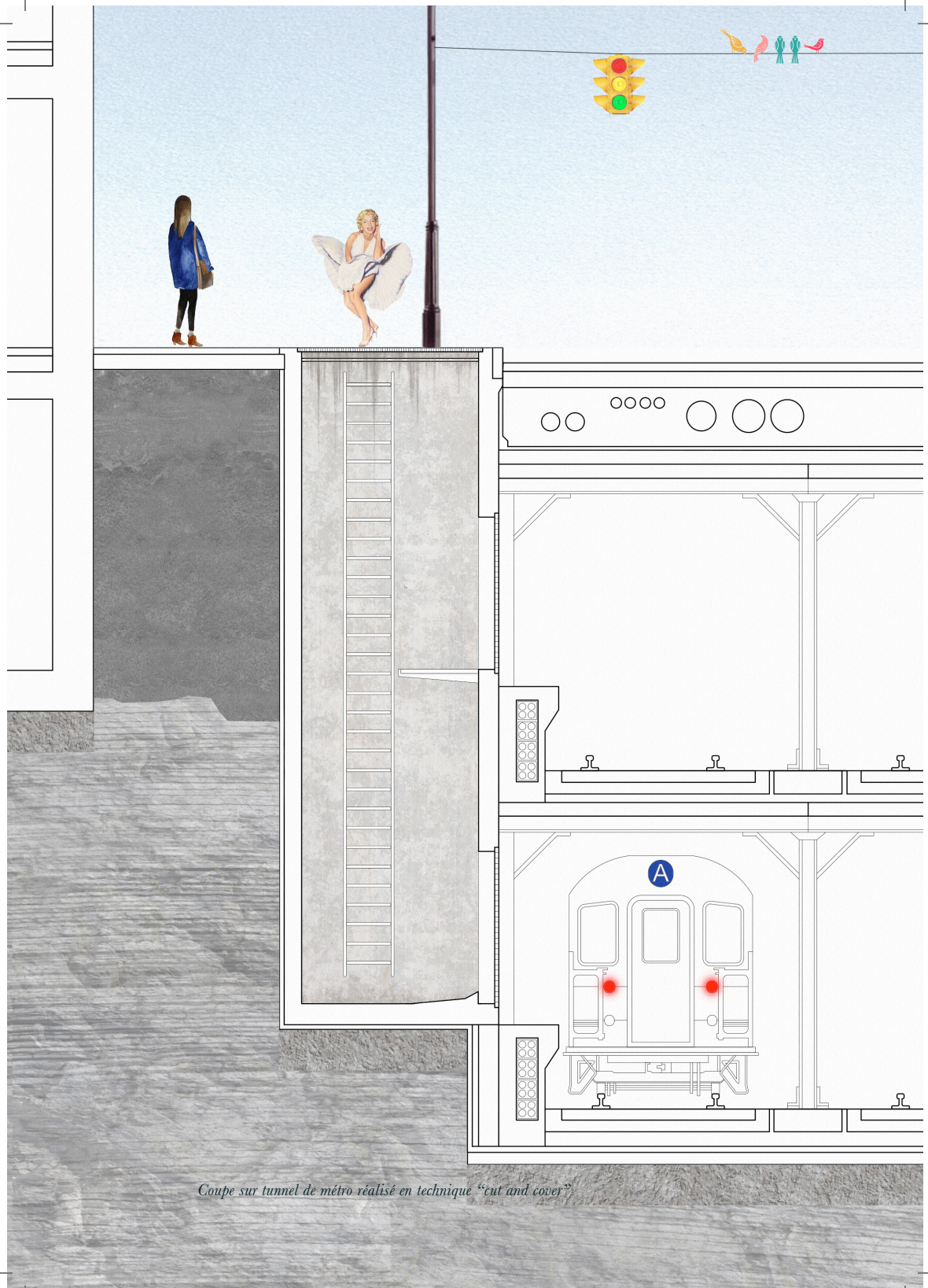


tions souterraines situées proches de la surface. Dans le cas de Manhattan, on peut dire que l'emplacement du métro est ainsi temporairement le prolongement vers le bas des sillons formés par les rues entre les immeubles de grande hauteur, avant qu'un bâtiment y soit construit.

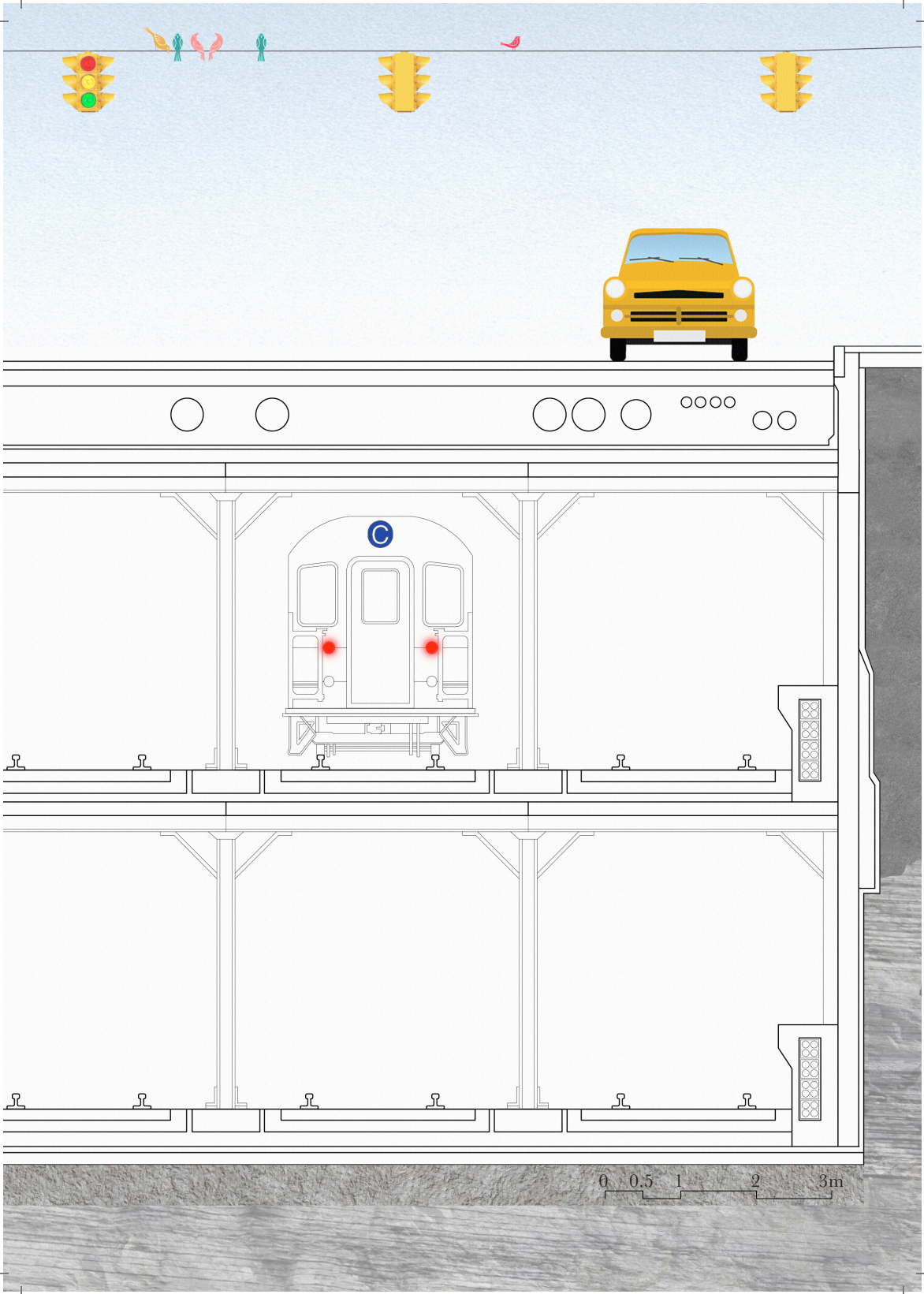
La mise en place est relativement simple et elle permet de plus de ne pas bloquer la circulation sur la rue trop longtemps. Une fois la tranchée creusée jusqu'à la profondeur souhaitée, le sol est bétonné, puis les cadres successifs - et contreventés - sont mis en place. Des poteaux métalliques en I sont d'abord disposées régulièrement le long des parois verticales latérales. Cette première construction métallique fait office de structure pour porter le remplissage de maçonnerie entre chacun des poteaux. Entre chaque voie de métro, un poteau métallique sur socle en béton est placé afin d'améliorer la stabilité de l'ensemble et de réduire la longueur et la section des poutres. Ces dernières, espacées d'environ 1,5 à 2,4 mètres, forment ainsi la structure du futur plafond. Le remplissage de la structure horizontale est constitué de petites voûtes de béton, dont l'épaisseur peut être optimisée grâce à la densité de la structure métallique principale. L'extérieur de toute cette structure est recouvert de plusieurs couches de feutre enduites d'asphalte chaud, qui protègent de l'humidité et de la vapeur. Dans le cas où les conditions sont très humides - par exemple au *Battery Park Loop* ou d'autres zones proches d'un passage sous une rivière -, une couche de briques de terre cuite recouverte d'asphalte chaud constitue une solution plus résistante.

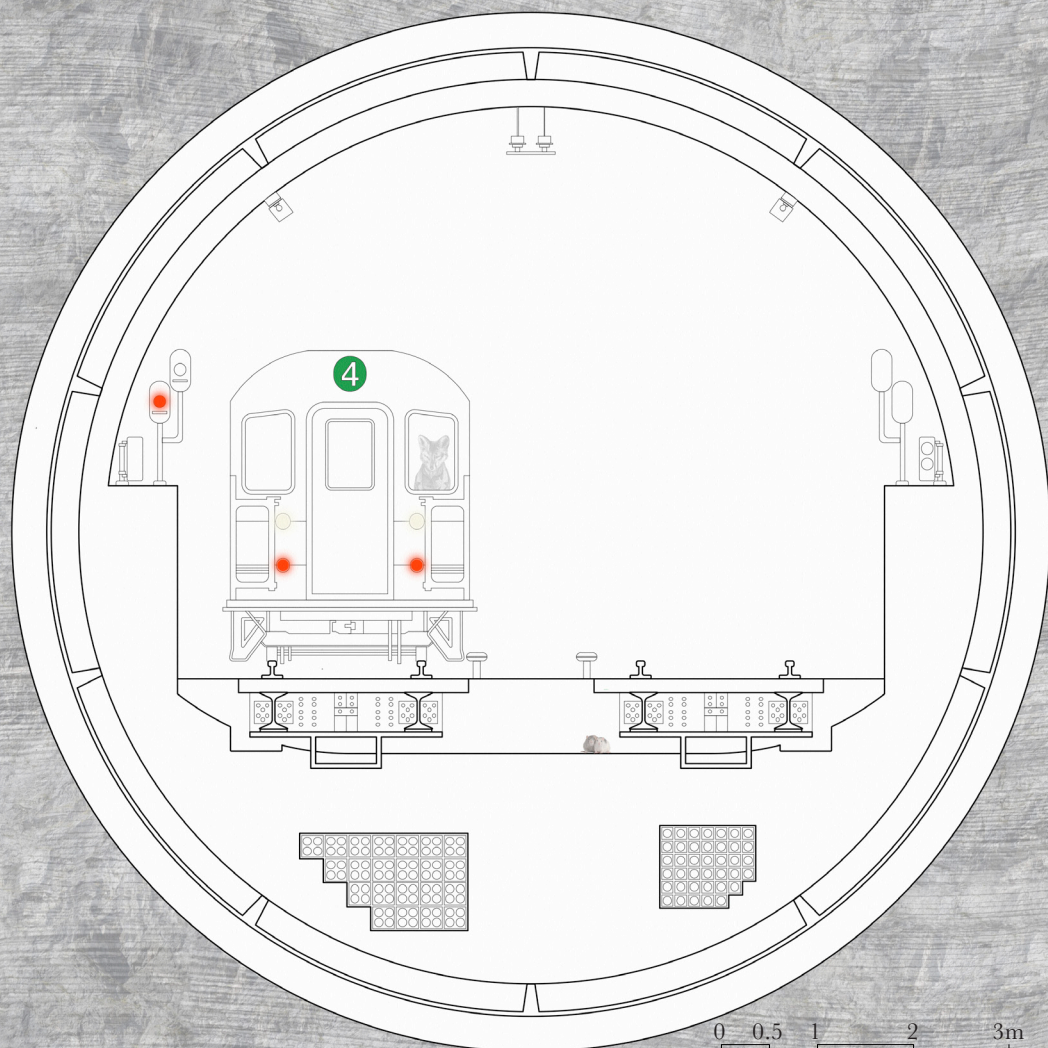
Dans ce système, les câbles électriques servant d'alimentation au métro sont regroupés dans des gaines en terre cuite. Les conduites appartenant aux réseaux pré-existants retrouvent leur place dans ce système, dans des compartiments spécialisés. De nombreux tuyaux d'égoûts notamment ont dû être remplacés du fait de la construction du réseau de métro.

Il s'agit ici de la technique générique, mais celle-ci peut être adaptée ou hybridée suivant les situations, par exemple à l'endroit des stations où l'on peut trouver des poutres intermédiaires supplémentaires de section plus importante le long des quais, visant à réduire la fréquence des poteaux. La



Coupe sur tunnel de métro réalisé en technique "cut and cover"





construction se complexifie également lorsque les niveaux sont multiples. Cette construction en *cut and cover* existe aussi en construction mixte métal/béton, ou totalement en béton armé - pour une faible proportion du réseau.

Cette méthode constructive est particulièrement intéressante du point de vue de l'étude de la constitution du sol de Manhattan en fonction de la grille. En effet, l'emploi de ce type de construction signifie que toutes les avenues et rues sous lesquelles se trouvent des métros sont en réalité la toiture de l'ossature, généralement métallique, constituant la structure du système de métro. Ces routes ne sont donc pas construites sur un sol « plein » mais sur une forme de pont, voire de bâtiment souterrain construit au fond d'une tranchée dans le prolongement vertical des rues. De ce point de vue, le niveau horizontal de base du modèle vertical est ou a en fait lui-même une épaisseur, dont il est la couche supérieure, suivant la trame viaire orthogonale définie par la grille. Cet aspect peut par ailleurs permettre d'interpréter ces rues comme une continuité des « rues-pont » datant du nivellement de l'île, qui a eu lieu avec l'application progressive de la grille, et accentuée ainsi cette particularité.

La seconde méthode, dite en profondeur, consiste à creuser un tunnel directement dans la roche-mère sans intervenir sur la surface. Elle représente environ « 20% du réseau total »¹ et dépend beaucoup moins du tracé viaire que la première méthode. Elle implique de plus des rapports et des repères différents avec la surface du fait de sa profondeur plus importante.

La première étape est de creuser des puits aux extrémités du tracé final, jusqu'à la profondeur souhaitée pour le tunnel. Depuis ces extrémités, chaque équipe creuse en direction de l'autre, jusqu'à finalement rejoindre les deux parties. Dans ce cas également, le sol en béton est l'une des premières étapes, afin de pouvoir y faire rouler un wagon portant des coffrages latéraux servant à couler les parois en béton. Un autre wagon portant un coffrage de plafond passe ensuite. Les puits creusés au départ servent ensuite pour construire les circulations

¹ David Pirmann, www.nycsubway.org

À gauche : coupe sur tunnel de métro réalisé en technique "profonde"

verticales d'accès aux quais pour les utilisateurs. Les outils récents, notamment les foreuses à tunnels permettent de faciliter l'exécution de cette méthode.

Ces tunnels ont souvent une section circulaire ou voûtée, au même titre que les tunnels du système de distribution d'eau, puisque ces géométries sont efficaces en terme de reprise des forces et de répartition des efforts.

Ces deux méthodes, qui peuvent être déclinées et combinées le long d'une même ligne, aident à comprendre la nature de la composition du souterrain mais également renseignent d'un point de vue technique sur les constructions d'infrastructures profondes de grande envergure, relativement à la nature des différentes zones de l'île.

Par ailleurs, il est intéressant de relever que les ingénieurs ayant travaillé à la restauration des tunnels 1 et 9 après la tragédie du 11 septembre 2001 choisirent après plusieurs analyses d'utiliser la construction originale de Parsons pour reconstruire les parties endommagées. Ce principe de succession d'arches métalliques espacées de 2,4 mètres les unes des autres constitue encore aujourd'hui une solution pertinente, bien qu'elle date de plus d'un siècle.

La ligne T de la 2nde Avenue, dont la construction est prévue depuis les années 1920, ouvrira enfin en 2016. Elle a été construite selon les techniques de construction évoquées plus haut en fonction des différentes zones traversées.

ESPACES ADJACENTS

En plus des tunnels, quais et dessertes liés directement à l'utilisation du métro, il existe une multitude d'espaces et d'infrastructures auxiliaires assurant le fonctionnement du métro, dont le recensement est très difficile.

Quelques éléments paraissent essentiels à aborder, tels que les questions de drainage ou de ventilation, car ils font partie intégrante du bon fonctionnement de la construction souterraine. Les lignes de métros étant relativement anciennes, les différents systèmes que nous allons aborder ici ont été pensés

et mis en place dès la création du métro au début du 20^e siècle. La nature et la fonction des locaux annexes dépend par ailleurs de leur profondeur.

Comme décrit dans le chapitre portant sur les différents types de construction, les tunnels de métro sont construits de sorte à être imperméables. Toutefois, il arrive que de l'eau s'infilte quand même. C'est pourquoi l'eau est drainée au niveau des rails de métro, et amenée jusqu'au puisards situés aux points les plus bas. À ce niveau, on retrouve des pièces de pompage, contenant généralement deux pompes, l'une permanente et l'autre, de capacité supérieure, activée en cas d'inondation.

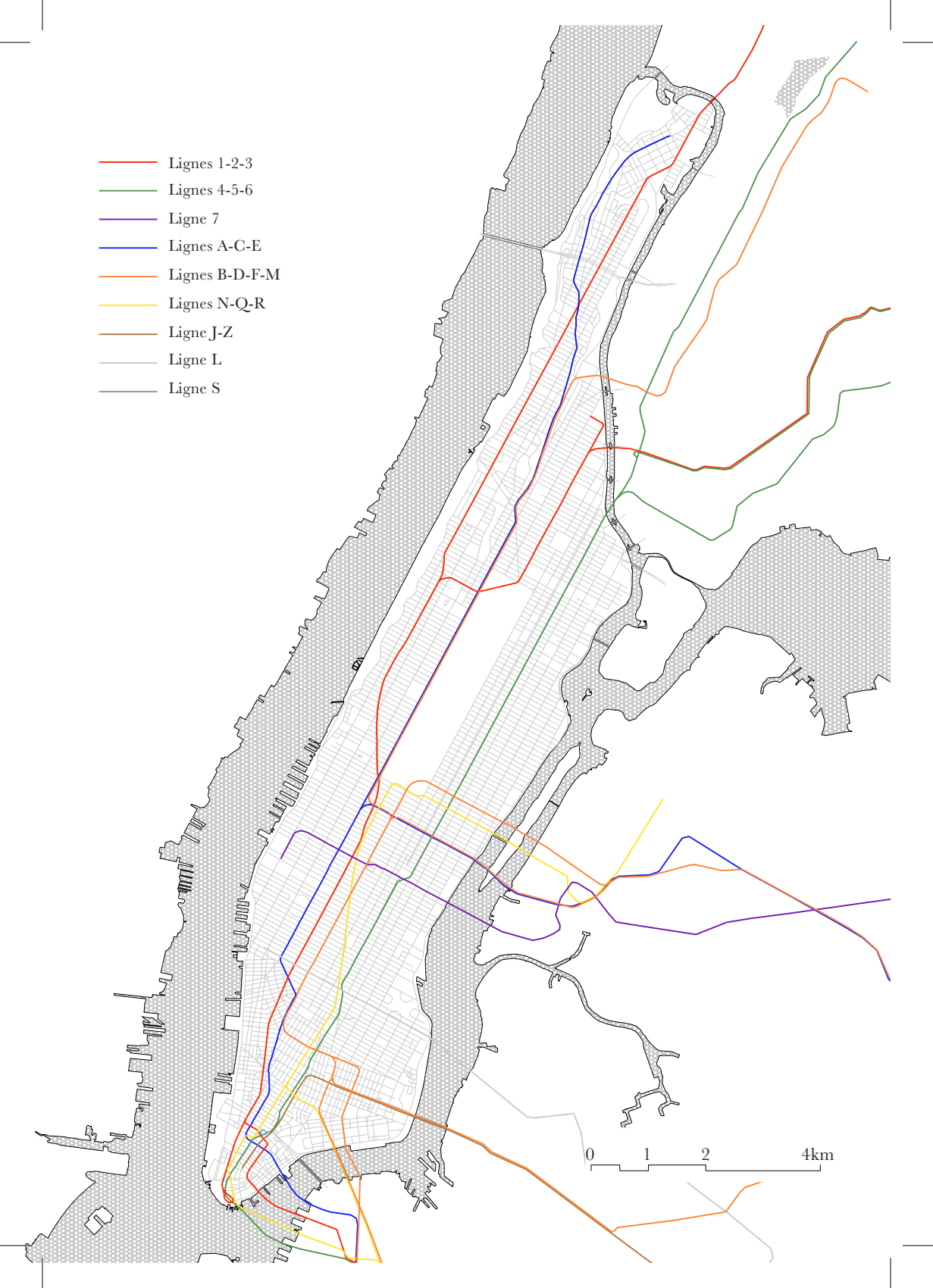
La ventilation des tunnels de métro est assurée par des conduites en béton armé reliant la rue et les tunnels ou stations. Ces conduites sont dimensionnées de sorte à ce que l'action piston relative au passage du train active le renouvellement d'air par cycles de quinze minutes. De plus, les murs longitudinaux contiennent des claires-voies servant à augmenter l'efficacité de ce système de ventilation. À l'approche des stations, des grilles de ventilation sont placées pour libérer l'air sous pression causé par l'arrivée des métros en gare, et éviter ainsi l'effet de tirage sur les quais. De manière plus poétique, ces grilles, avec le bruit, les vibrations et les flux d'air qu'elles engendrent, sont des rappels en surface de la présence du monde du métro qui existe en profondeur. Des chambres de ventilation sont situées à mi-chemin entre chaque station. Elles sont construites de manière similaire aux stations de métro, en général avec une structure métallique. Ces chambres servent aussi de sortie de secours.

Il existe de nombreux autres locaux annexes liés au service et à la technique. Ils comptent, entre autres, des chambres de décompression, des locaux de dépôts et de nettoyage, des pièces réservées aux employés, des locaux de contrôle ou encore des pièces de *dispatcher*.

Ces quelques considérations techniques à propos du métro et son infrastructure nous amènent à penser que pour le bon fonctionnement de l'architecture souterraine, les questions relatives à la viabilité et au confort doivent être placées

- Lignes 1-2-3
- Lignes 4-5-6
- Ligne 7
- Lignes A-C-E
- Lignes B-D-F-M
- Lignes N-Q-R
- Ligne J-Z
- Ligne L
- Ligne S

0 1 2 4km



au centre de nos réflexions. Ces aspects renforcent en cela les réflexions amenées dans le chapitre *Les réseaux*, puisqu'ils confirment que pour réussir à exploiter l'imaginaire porté par les espaces souterrains et convaincre de la pertinence de leur présence dans les villes, il faut passer par une technique adaptée, apportant de bonnes conditions de confort visuel, sonore, hygrométrique et thermique, mais aussi par une adaptation de l'espace aux éléments techniques nécessaires. Ce paramètre du contrôle de l'atmosphère représente une contrainte qui peut être moteur du projet si il est justement maîtrisé et en synergie avec les programmes.

Les espaces annexes aux lignes de métro comportent par ailleurs des zones publiques, en plus des accès, guichets et couloirs de circulation. En effet, par exemple, les stations ou les tunnels piétons sont parfois traités comme des galeries marchandes. Si le choix des programmes actuels relève surtout d'une logique marchande liée au flux de personnes, on notera surtout la mixité fonctionnelle et la vie particulière ainsi induite dans ces lieux.

CONTINUITÉ ET DISCONTINUITÉ

La question des seuils et des repères entre la surface et la profondeur est centrale lorsque l'on évoque des espaces souterrains publics. Le réseau de métro occupe une position ambivalente entre relative continuité et discontinuité avec la grille - on entend ici la grille à la fois comme tracé et comme plan horizontal qui définissent la surface - qui permet de soulever et de relever des possibilités ou des enjeux spatiaux relatifs au rapport entre ce monde souterrain et la surface, et la manière par laquelle il se rattache à la structure de la ville.

En tant qu'infrastructure majoritairement souterraine à Manhattan - à l'exception de quelques portions aériennes au Nord de l'île - , le réseau de métro se développe évidemment en majeure partie à des niveaux inférieurs au plan de la grille. Ainsi, théoriquement, le tracé des lignes serait relativement indépendant de celui de la trame orthogonale des rues. Certaines des courbes formées par les lignes ainsi que les passages sous les rivières, soit le fait que le réseau s'étende au-delà des

À gauche : carte du réseau de métro superposé à la grille

limites de la grille fixées par les rives, peuvent confirmer cet aspect. Néanmoins, il apparaît également que d'importantes portions des lignes se superposent aux rues et avenues. Cela s'explique d'une part par des aspects techniques et constructifs, relatifs au mode de construction des tunnels, à leur profondeur et probablement aux sous-sols et fondations des bâtiments constitutifs des blocs, et d'autre part, probablement par des questions touchant à la propriété foncière et à la possibilité d'effectuer ou non des travaux sous les îlots. Le plan du réseau superposé à la trame des routes illustre la coexistence de ces deux logiques de manière explicite. Cela peut de plus être étendu si l'on note que les espaces adjacents à certaines lignes qui suivent le tracé des routes se développent parfois en partie sous les blocs.

Le réseau de métro constitue lui-même dans son ensemble une dense continuité spatiale qui peut être vue comme la couche inférieure à celle des rues et avenues, dans l'optique du schisme vertical, de l'empilement de fonctions distinctes et indépendantes caractéristique du modèle vertical de Manhattan. De ce point de vue, on peut également relever des ambivalences quant à la continuité métro/grille. La première réside dans le fait qu'en réalité ce schisme vertical peut s'observer en surface à l'échelle du bloc ou du bâtiment et de ses différents niveaux, alors que le réseau de métro s'étend sur toute l'île et même au-delà. La seconde apparaît lorsque l'on met en lien cette considération avec la précédente discussion sur la superposition/séparation du tracé réseau de métro et du tracé de la grille, lui-même situé sur le plan initial multiplié verticalement à l'infini par les gratte-ciels. Dans cette perspective, le plan de la grille se révèle d'autant plus comme un niveau déterminant, mais surtout la mise en parallèle du réseau de métro avec ce plan peut permettre de « donner une épaisseur » à ce sol, une profondeur dont les variations suivent ou non le tracé viaire. Cela est renforcé par le fait que ces réseaux se jouxtent souvent, comme évoqué dans la partie sur les méthodes de construction, et que de nombreux liens verticaux plus ou moins ponctuels cousent ensemble ces deux éléments, attachent le réseau de métro sous la grille.

Ces différents liens verticaux entre le réseau de métro et le

plan horizontal de la trame sont en outre des éléments clés, liés à la profondeur, qui permettent de qualifier le rapport qu'entretiennent ces deux éléments. La notion de la profondeur des tunnels peut, au-delà du premier aspect touchant au tracé relatif des lignes de métro et des routes, constituer une entrée dans le thème de cette dualité et des repères en souterrain. La distance entre la surface et le réseau ainsi que le moyen de la parcourir sont en effet primordiaux pour se situer et permettent de prendre plus ou moins de distance avec l'extérieur, pas seulement spatialement mais aussi conceptuellement. La possibilité de transmettre en souterrain la lumière naturelle, dépendante de la profondeur, ainsi que les différents dispositifs d'entrée dans le réseau, aspects liés à la profondeur, illustrent aussi cette dualité et seront développés séparément dans les blocs suivants au vu de leur portée plus large quant aux espaces souterrains. Ils sont en effet les seuils physiques et visuels entre le monde de l'extérieur et du souterrain, qui s'appréhendent à des échelles fondamentalement différentes. L'un est en effet un ensemble de bâtiments construits dans un « vide », compréhensible à large échelle, et l'autre se définit par des intérieurs choisis et « creusés », et se comprend par ce qui est donné à voir et par les repères présents.

D'un point de vue plus pragmatique, le réseau de métro possède une riche signalétique qui permet à l'utilisateur de se situer par rapport à la surface, en particulier dans de grands complexes souterrains avec de multiples embranchements et niveaux comme celui de *Times Square-42nd Street-Port Authority Terminal*.

LUMIÈRE NATURELLE

« C'est avant tout la lumière naturelle qui permet de souligner l'essence particulière des lieux souterrains. La lumière atmosphérique renforce l'identité de l'espace enterré. Aller la chercher, même en quantité infime, c'est faire un geste déterminant pour qualifier, de manière spécifique et spectaculaire, l'espace du creusé. Cette lumière est par essence même tirée depuis le haut, parcimonieuse le plus souvent. Son rôle est capital : plus que donner à voir, elle établit un lien, une complicité avec le ciel et l'espace du dehors. Tombant à la verticale, elle confirme le souterrain

*Prise de lumière
naturelle dans
l'ancienne station
18th Street*



*Prise de lumière
naturelle dans
la station 79th
Street*



dans son statut d'espace enfoui. En même temps, sa présence rassure, elle nous ramène au repère du monde extérieur, allant jusqu'à permettre d'en mesurer la proximité. Cette lumière met en valeur par contraste, l'obscurité qui règne dans la grotte. Elle est nécessaire. »¹

Les tunnels et stations de métro situés directement sous la surface sont souvent éclairés naturellement grâce à des pavés de verre inclus au revêtement de sol du dessus. Les accès sont aussi en général des sources de lumière indirecte. L'éclairage naturel est un thème essentiel dans l'architecture souterraine puisqu'en plus de fournir une source lumineuse, il permet d'établir des repères en créant un lien particulier avec l'extérieur, un seuil visuel dont la luminosité varie naturellement, et en illuminant des éléments de l'intérieur, « *qui deviennent à leur tour des réflecteurs diffus* »². Comme a pu le relever Louis Kahn à propos des sources de lumière naturelles dans les espaces obscurs, « *il ne s'agit pas d'un besoin réel mais d'une demande spirituelle fondamentale* »³. Ce propos doit être nuancé lorsqu'il s'agit d'éclairage du réseau de métro, mais il rappelle l'importance des dispositifs de diffusion de lumière du jour comme lien avec le dehors et qui « *expliquent combien il fait sombre* »⁴ et augmentent ainsi la réalité des espaces souterrains.

ENTRÉES

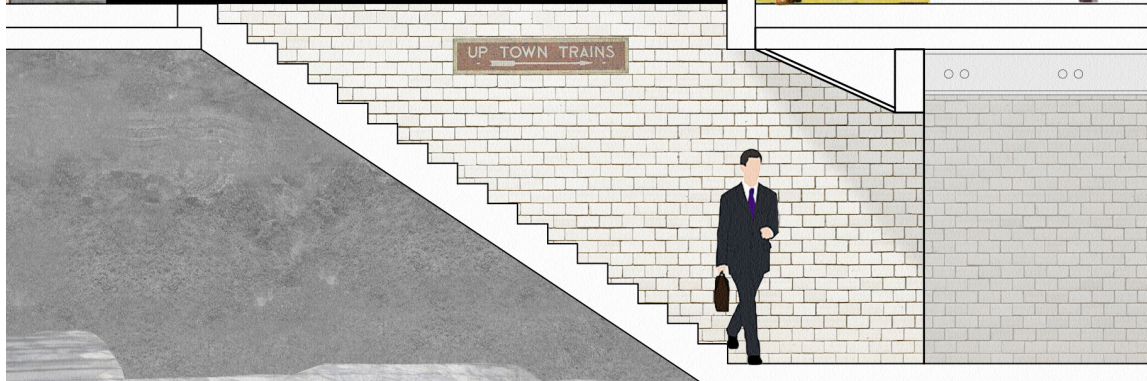
La multiplicité des dispositifs d'entrée/sortie dans le réseau de métro illustre également la variété des liens plus ou moins continus entre ce monde souterrain et la surface. Ils constituent pour l'utilisateur les seuils physiques entre la profondeur et le niveau de la grille, entre le monde de l'extérieur et celui du souterrain. En plus de cela, dans le cas de Manhattan, ces systèmes de circulation, comme liens verticaux, donnent un point de vue particulier sur la ville verticale gigantesque. Qui-conque arrive à Manhattan par le métro est impressionné par le contraste entre les deux milieux. La manière de passer du souterrain au niveau de la grille est donc déterminante et sa

¹ Michel Malet, *Vingt Mille Lieux sous les Terres*, p. 22

² *Ibidem*

³ Louis Kahn, *L'Uomo, il Maestro*, dans *Vingt Mille Lieux Sous Les Terres*, p.22

⁴ *Ibidem*



0 0.5 1 2 3m

portée va au-delà d'un simple escalier purement fonctionnel.

On notera qu'une première différence lorsque l'on parle de seuils ou de continuité relativement à ces accès réside dans le fait que suivant les stations, l'on peut arriver directement sur le quai ou dans un complexe plus important, souvent sur plusieurs niveaux. Dans les cas des grands complexes, il faut relever qu'ils peuvent s'étendre sous les rues et les blocs et/ou lier plusieurs stations par voie piétonne souterraine. A titre d'exemple pour cet aspect, on peut citer la nouvelle station *World Trade Center* ou encore *Times Square - 42nd Street - Port Authority*. Par ailleurs, une même station possède souvent plusieurs types d'accès. Enfin, lorsqu'il s'agit d'accès au métro, la différenciation entre les zones payantes ou non constitue également une barrière, qui peut se situer à différents niveaux.

Plusieurs manières pourraient être employées pour classer les types d'entrées et évaluer le type de relation entre les deux milieux. Par exemple, la présence ou non d'une barrière thermique, la suggestion plus ou moins évidente d'un prolongement souterrain ou encore la combinaison ou non avec des systèmes de prise de lumière naturelle seraient des critères pertinents. Ils seront ici déclinés suivant leur morphologie urbaine, selon le type de dispositif construit qui permet à l'utilisateur de traverser le niveau de la grille, ce qui en aucun cas n'empêche la comparaison selon d'autres critères.

Sans doute le plus courant et le plus direct, l'escalier simple entre le souterrain et le trottoir permet de considérer le couloir ou le quai rejoint comme un prolongement de la partie piétonne des routes - ou des places. Il n'y a pas de barrière thermique et l'escalier, ou au minimum la volée la plus haute, n'est pas couvert et est donc éclairé naturellement de jour et exposé aux intempéries. De nuit, il est repérable depuis l'extérieur grâce à des lampadaires caractéristiques situés aux angles du garde-corps entourant la trémie. Il est de plus en plus combiné avec un ascenseur déporté, pour faciliter l'accès au réseau par les personnes à mobilité réduite.

Les pavillons constituent un système d'entrée caractéristique. Il s'agit de petits bâtiments significatifs et reconnaissables pla-

À gauche : coupe sur une entrée dans le métro depuis la rue

*Pavillon d'entrée
de la station
72nd Street IRT*



*Pavillon d'entrée
de la station City
Hall IRT*



*Tunnel d'accès à
la station 191st
Street*

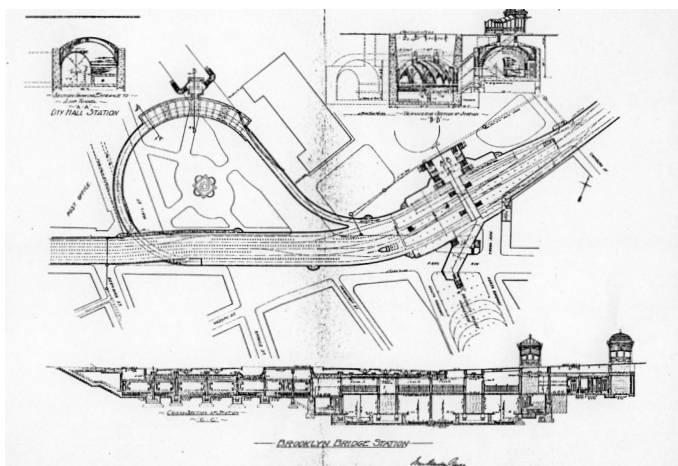


cés sur les trottoirs ou les places. Ils peuvent être de deux types à Manhattan. Le premier est représenté par des pavillons d'un niveau, avec toitures à deux pans, comme celui de la station *72nd Street* des lignes 1-2-3 ou celui de la station *Bowling Green* des lignes 4-5, qui toutes deux datent de l'IRT. L'utilisateur entre d'abord à l'intérieur de ce bâtiment qui contient un accueil et des portiques de paiement, puis descend pour rejoindre les voies. Le deuxième type, représenté par exemple par les pavillons hérités de la première ligne IRT, se compose d'un escalier donnant sur le trottoir ou la place et recouvert par une construction qui joue de rôle de point de repère et protection de l'escalier contre les intempéries tout en laissant passer la lumière.

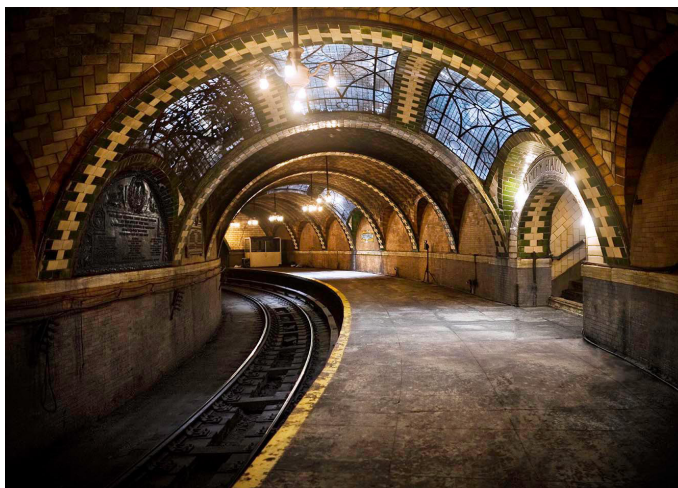
Le réseau de métro peut également être accessible via un bâtiment compris dans un bloc. Il peut s'agir d'une partie dédiée d'un bâtiment, qui donne en général sur la rue et dont l'articulation dépend du cas et sera donc différente selon l'envergure de la station, le bloc concerné et le quartier. On trouve aussi le cas de grands complexes multifonctionnels, compris dans les blocs, qui intègrent un accès au métro, à l'image de l'urbanisme souterrain de Montréal. C'est par exemple le cas du récent *Fulton Center*, qui intègre un accès au métro en partie basse de son atrium central, avec un lien direct à certaines lignes ainsi que des tunnels qui permettent de le relier aux stations avoisinantes.

Enfin, les stations les plus profondes de l'île, situées dans les zones vallonnées du Nord de Harlem, à savoir les stations *191st street* sur la ligne 1 - 55m de profondeur - et *190th street* sur la ligne A - 43m de profondeur - , combinent des systèmes d'entrées caractéristiques de leur profondeur et de la topographie dans laquelle elles s'insèrent. Ce sont des cas isolés mais dont il est intéressant de relever les particularités de ce point de vue. Dans ces zones, le métro est construit sous forme de tunnels profonds qui conservent plus ou moins l'altitude qu'ils ont aux abords de ces reliefs, puisque les terrains sont relativement plats du côté Sud et les tunnels passent sous les rivières du côté Nord. Le métro passe donc au cœur des collines, loin de leur sommet et de leurs pentes. En terme d'accès, les deux proposent un ascenseur qui lie le niveau de la mezza-

*Plan et coupes de
la station City
Hall*



*Photo intérieure
de la station City
Hall*



nine (juste au-dessus des voies) au sommet du relief, système qui laisse peu percevoir la différence de niveau parcourue et qui n'est pas complété d'un escalier public, et un long tunnel piéton qui traverse la colline depuis la mezzanine, à niveau constant, pour sortir sur son flanc.

STATION IRT "CITY HALL"

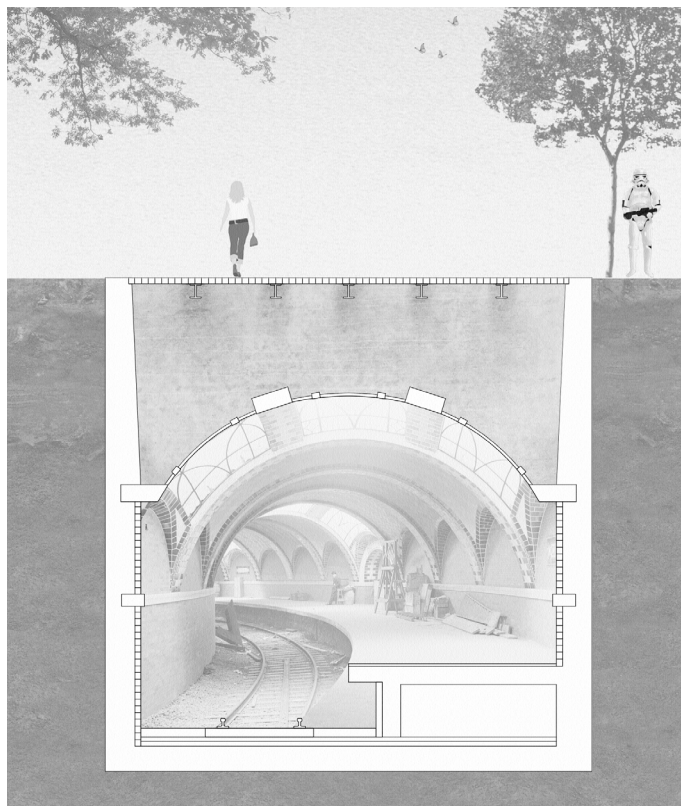
La fameuse station de *City Hall*, l'une des premières stations construites à l'occasion de l'ouverture officielle en 1904, est l'œuvre de l'architecte espagnol Rafael Guastavino qui propagea, entre autres grâce ce projet, la voûte catalane - en briques planes - aux Etats-Unis. Si elle est aujourd'hui fermée au public et considérée comme patrimoine historique, elle reste très bien conservée et représente pour notre travail un exemple remarquable significatif.

Cette station est à l'origine le terminus du métro *IRT East Side Line* ouvert en 1904. Située sous le parc de l'hôtel de ville de New-York, elle prend place le long de la boucle de demi-tour, avec une longueur correspondante aux rames de 5 wagons utilisées à l'époque. Elle est planifiée pour être le joyau de la couronne de cette première ligne de métro.

La morphologie de son espace intérieur montre la poétique que peut porter la combinaison d'une indépendance à toute façade, forme ou image extérieure avec les besoins structurels et techniques liés au souterrain et au métro. La station est une succession courbée de 15 trames voûtées, dont les arêtes sont marquées par des frises en carreaux de céramiques verts, blancs et jaunes. La forme voûtée est en outre caractéristique de la construction souterraine, employée pour la reprise uniforme des charges qu'elle permet. L'espace unique ainsi formé ne contient qu'un quai et une voie, courbés du fait qu'ils se situent à l'emplacement d'un demi-tour.

Au centre de la courbe, un escalier relie le quai à une mezzanine intermédiaire à plan carré, elle-aussi voûtée, accueillant un kiosque à billets en bois, ainsi que deux escaliers menant à l'extérieur à travers de petits pavillons en métal et verre, accès caractéristique des stations de cette première ligne de métro.

*Coupe sur
les ouvertures
zénithales de la
station City Hall*



La lumière naturelle pénètre de manière diffuse dans la station en trois points à travers un système à deux couches : des pavés de verre sur le sol de la place en surface laissent passer la lumière, qui traverse ensuite des ouvrages courbés de ferronnerie et de verre visibles au plafond de la station. Ces entrées de lumière naturelle placées régulièrement dans la trame des voûtes - une sur quatre - jouent, au-delà de leur fonction d'éclairage, le rôle de repère par rapport à l'extérieur et exploitent la force d'une tension visible entre espace souterrain et lien avec la surface. L'éclairage artificiel est assuré par des chandeliers dessinés pour le lieu et produits sur mesure, donnant un côté à la fois domestique et majestueux à cette station de petite dimension.

Lorsqu'à partir de 1945 les anciennes stations furent agrandies pour accueillir nouvelles rames de métros plus longues, la station de l'hôtel de ville, de part sa courbure - qui implique un espace trop important entre le quai et les portes en milieu de wagon des nouvelles rames - et sa forme jugée trop compliquée à prolonger, fût abandonnée. Dès lors elle restera traversée par les trains de la ligne 6 qui utilisent la voie pour faire demi-tour après le terminus. Au même moment, les entrées extérieures furent condamnées, et les ouvertures zénithales couvertes afin de la protéger. Aujourd'hui, la seule possibilité d'avoir un bref aperçu de la station de rester dans le train 6 après le terminus à la plus récente station *City Hall-Brooklyn Bridge* et de regarder à droite dans le sens de marche pendant le demi-tour.

Cette station de métro constitue pour notre travail un espace souterrain exemplaire. En effet, elle représente l'une des images les plus emblématiques de la beauté des espaces souterrains abandonnés à Manhattan. Elle montre de plus une possibilité de la façon par laquelle la portée d'un espace souterrain public peut dépasser sa vocation purement technique. Enfin, elle est porteuse d'une mémoire riche et de dispositifs spatiaux et constructifs caractéristiques de l'architecture souterraine.



LE BLOC

Comme évoqué dans les chapitres *Conditions du modèle vertical et profond* et *La grille*, la trame orthogonale définit les *blocks* comme entités construites de base du modèle vertical. Ceux compris dans le tracé de la grille de 1811 sont pour la plupart rectangulaires, de dimensions variant d'environ 140 à 250m par 60 à 80m suivant l'entre-axe des rues et avenues, mais certains peuvent présenter une géométrie trapézoïdale ou triangulaire, due aux adaptations qu'a subi la grille, par exemple le long de *Broadway*. Dans la partie Sud, la dimension et la géométrie des blocs est plus variable, du fait de la juxtaposition de différents tracés orthogonaux.

« Avec le bloc individuel, qui est la plus grande entité susceptible de tomber sous le contrôle d'un architecte, [Manhattan] a trouvé son unité maximale d'ego urbanistique. »¹ Selon Rem Koolhaas, l'autonomie du bloc, ou le bloc comme île est l'une des trois composantes fondamentales du modèle vertical, de même que la multiplication de la parcelle et la tour. Ces trois composantes, qui s'appliquent à l'échelle d'un bloc, impliquent que toute nouvelle réalité artificielle s'exprime à l'échelle de l'îlot, même si sa portée peut aller au-delà. Cet urbanisme en archipel, que le bloc soit constitué d'un ou de plusieurs bâtiments, implique un modèle particulier pour son prolongement dans la profondeur, qui de plus diffère selon les différentes zones de l'île.

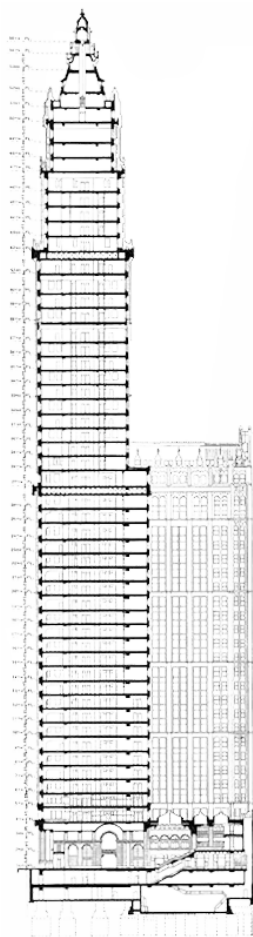
LIAISON ET ABOUTISSEMENT

De même que l'on a discuté la continuité/discontinuité entre le réseau de métro et le tracé de la grille ou les pleins/vides du dessus, le sous-sol des blocs peut de manière générale démon-

¹ Rem Koolhaas, *New York Délire*, p. 20

À gauche : le Woolworth Building

Coupe du Woolworth Building



trer un caractère ambivalent entre liaison et aboutissement, spécifique au modèle de la ville. Le plan horizontal et le tracé géométrique orthogonal de la grille apparaissent par ailleurs comme structurants pour ces sous-sols.

Tout d'abord, comme niveaux inférieurs, ils constituent un aboutissement des bâtiments du bloc, dans le sens qu'ils en sont un prolongement, une extrémité, une fin - cela s'applique aussi dans une certaine mesure pour les fondations. Par ailleurs, ils sont différenciés du reste des niveaux, du fait de leur vocation souvent technique ou de service, ou en tout cas de l'atmosphère particulière due par exemple à l'absence de lumière directe qui les caractérise. Le plan de la grille, principal niveau d'accès, marque la séparation entre ces étages « immergés » et la partie « émergée » des bâtiments.

De plus, comme relevé dans le chapitre *Les réseaux*, les blocs sont desservis par les réseaux en souterrain, les systèmes d'infrastructures étant enterrés sous la grille viaire. Les sous-sols sont en ce sens à la fois l'aboutissement des réseaux (ou le départ, pour les égouts) mais aussi le lieu où le bloc se lie à des infrastructures plus larges, à l'échelle du quartier ou de la ville, elles-mêmes le liant à grande échelle avec les ressources.

A la fois une fin mais aussi une porte vers un autre monde, le sous-sol dans son rapport avec le bâtiment peut ici être illustré par la métaphore des racines de l'arbre. Le système racinaire est effectivement à la fois un prolongement souterrain de la partie aérienne, mais aussi une interface qui a une étendue plus large et apporte les ressources à l'ensemble par son rapport à son environnement. Plus architecturalement, le *Woolworth Building* est aussi une bonne illustration de ce fonctionnement. Ce gratte-ciel, le plus élevé de la ville entre 1913 et 1930, occupe plus d'un demi-bloc. Bâti dans un style néogothique et surnommé *cathédrale du commerce*, c'est un univers en lui-même, porteur d'un imaginaire fort. Il repose sur de larges piliers en béton de 35 mètres de profondeur, permettant de le poser sur la roche-mère et constituant une première forme de prolongement ou de fin du bâtiment en profondeur. Il a de plus été pendant longtemps en autarcie énergétique, alimenté directement depuis des locaux techniques en sous-sol.

Par ailleurs, un accès direct au réseau de métro était possible depuis son sous-sol, le liant ainsi à une plus large échelle. On peut en outre noter la présence d'une piscine dans les niveaux inférieurs, sous terre et à proximité des locaux techniques, qui confirme les arguments établis dans les précédents chapitres sur la pertinence de ce type de programme en souterrain.

Dans l'optique du projet dans la profondeur, ces aspects ouvrent à la question de la mise en réseau des sous-sols, et d'un projet qui puisse à la fois considérer le bâtiment et/ou le bloc comme entité mais aussi en dépasser les limites.

BLOC UNITAIRE

Le *Woolworth Building* a par ailleurs servi de modèle pour la partie concernant les *business districts* de la première loi de zonage de 1916. Premier édifice regroupant les 3 conditions détaillées par Rem Koolhaas - autonomie du bloc, verticalité, multiplication des parcelles - , il est surtout perçu comme à la fois rentable et non nuisible aux blocs voisins, contrairement à l'*Equitable Building*, qui reproduit sur 36 étages - 164m de haut - la totalité de la parcelle et projette sur la rue et les bâtiments voisins une ombre quasi-permanente. Le zonage mis en place à cette époque définit un gabarit, qui devient un modèle et qui

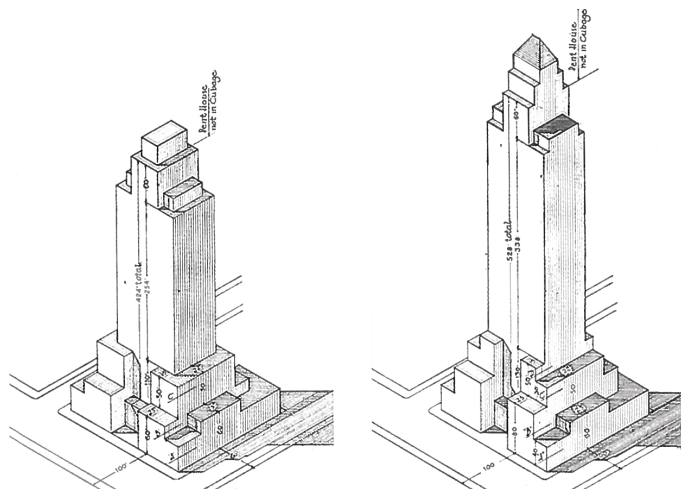


Illustration du
zonage de 1916

autorise la reproduction de la parcelle sur un certain nombre de niveaux, surmonté d'un système de gradins et d'une tour de hauteur illimitée dont la surface de la section représente 25% de la surface de la parcelle. « *Cette dernière clause encourage la tendance à occuper, pour une même structure, la plus vaste surface possible, c'est à dire un bloc entier, afin de rentabiliser au maximum les 25% transformables en tour.* »¹ Cette première loi de zonage, qui fera foi pendant 45 ans, encourage donc pour les quartiers d'activité, soit les zones de grande hauteur, à la construction de bâtiments sur le bloc entier. Lorsque l'on considère cet aspect en parallèle du schisme vertical qui caractérise le modèle du gratte-ciel manhattanien, les sous-sols peuvent être vus comme les couches inférieures de l'empilement, une reproduction de la parcelle en profondeur. Le sous-sol apparaît donc dans ce cas particulièrement unitaire sur toute la surface du bloc, il en va de même pour ses fondations.

BLOC FRAGMENTÉ

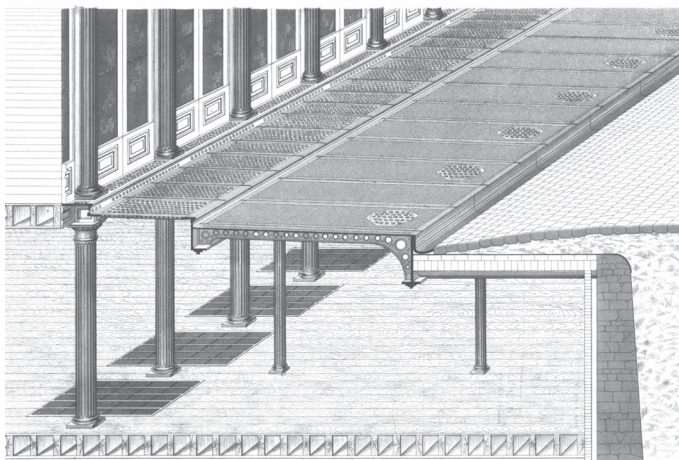
La loi de zonage de 1916 inclut en plus des aspects mentionnés une différenciation entre les zones d'activités et les zones résidentielles. Pour ces dernières, une limite de hauteur plus basse est fixée, typiquement entre 3 et 6 niveaux, et les bâtiments sont en général multiples au sein d'un même bloc. En 1961, une nouvelle loi de zonage est instaurée, encore en vigueur actuellement dans ses grandes lignes. Elle détaille plus finement et de manière plus mixte les fonctions des différentes zones, les règles et les gabarits qui s'y rapportent. Cette loi offre de plus des bonus de surface construite autorisée, proportionnels aux surfaces d'espaces publics intégrées aux parcelles – le modèle corbuséen de la *tour-dans-le-parc* ayant eu une influence notable. Même si les blocs sont toujours traités dans ces lois comme les entités de base, ces aspects poussent à considérer les blocs où elles s'appliquent de manière plus fragmentée. Que cela soit du fait qu'un même bloc contienne différents bâtiments ou que des surfaces libres y soient intégrées, l'ilot n'est pas dans ces zones aussi unitaire que lorsqu'il est le support d'un unique bâtiment occupant toute sa surface, même s'il peut être porteur d'une identité propre

¹ Rem Koolhaas, *New York Délire*, p. 108

Plate LXXXIII.

Elevation & Section of Sidewalk &c, Shewing Vault under Street.

N^o 42



*Lithographie de
Sarony montrant
l'éclairage du
sous-sol depuis
la rue*

ARCHITECTURAL IRON WORKS, NEW-YORK.



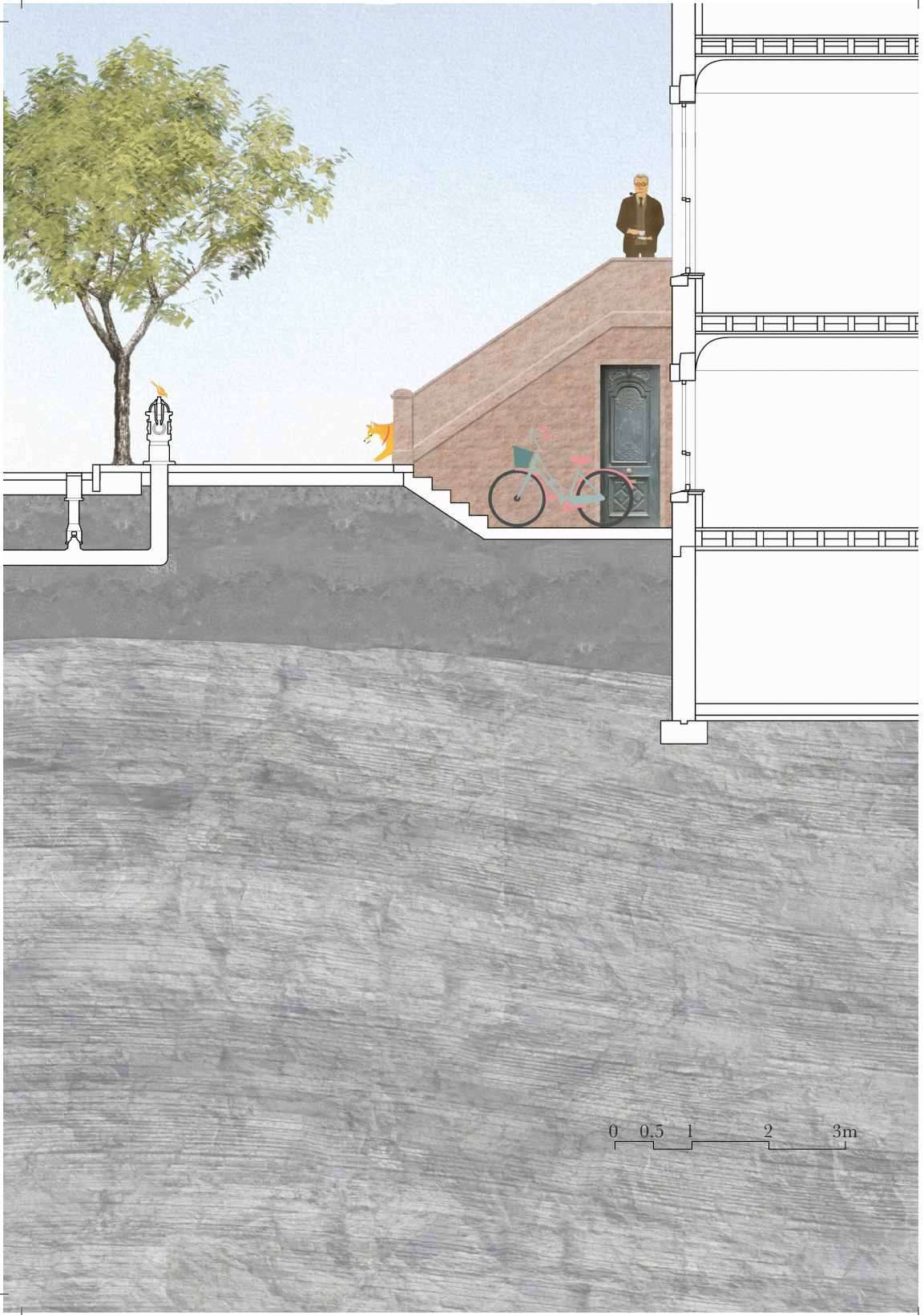
*Les pavés de
verre vus depuis
la rue*

ou d'une certaine continuité. De même, on peut observer des blocs avec des bâtiments de hauteur radicalement différente. Du point de vue de la profondeur, cela rend compte que même s'ils restent globalement compris dans la géométrie du bloc, les sous-sols peuvent cependant être beaucoup plus hétérogènes, de même que leurs fondations. Cela signifie qu'ils peuvent avoir des profondeurs et fonctions différentes au sein d'un même îlot, et également que leur articulation avec le niveau de la surface peut être différente.



*Hétérogénéité des
bâtiments au sein
d'un même bloc*

Les articulations courantes de petite échelle, mises en place bâtiment par bâtiment, sont en outre intéressantes à observer car elles sont typiques de certains quartiers de la ville mais aussi comme piste pour le projet souterrain. A *Soho* par exemple, on peut noter que l'emprise de sous-sols dépasse souvent les limites des blocs, pour se prolonger sous les trottoirs voire sous les rues et capter la lumière naturelle transmise par les pavés de verre circulaires que l'on peut y observer. Dans *Greenwich Village* ou dans l'*East Village* notamment, on peut fréquemment observer sur les trottoirs des plaques métalliques au pied des façades. Celles-ci dévoilent à leur ouverture des escaliers « de service » menant depuis la rue au premier sous-sol. Enfin, en particulier dans l'*Upper West Side*, l'*Upper East Side* et à



Harlem, un décalage de hauteur d'un demi-niveau - ou 2/3 de niveau - par rapport au plan horizontal, qui nécessite un accès principal par un escalier, couplé à un léger retrait creusé de la limite entre le bloc et la rue, permet l'éclairage naturel en façade d'un niveau partiellement enterré.

GRAND CENTRAL TERMINAL

Pour illustrer le discours sur le sous-sol des îlots, l'exemple du terminal de *Grand Central* semble pertinent. C'est un cas particulier mais dont la portée est large. Ce bâtiment a de plus une valeur et une influence historique, économique, symbolique et également touristique très significatives.

Situé entre la 42^{ème} et la 43^{ème} rue sur *Park Avenue*, le bâtiment servait dès 1837 de dépôt et d'infrastructure de maintenance des trains à vapeur, puis il est transformé en gare, qui ouvre en 1871 et a pour conséquence de faire exploser le prix des terrains alentours, devenant momentanément les plus chers du monde et engendrant le développement de l'un des centres de la ville à cet emplacement. Entre 1903 et 1913, le bâtiment a été totalement reconstruit, pour intégrer les quais en souterrain et s'adapter aux trains électriques qui ont alors remplacé les trains à vapeur.

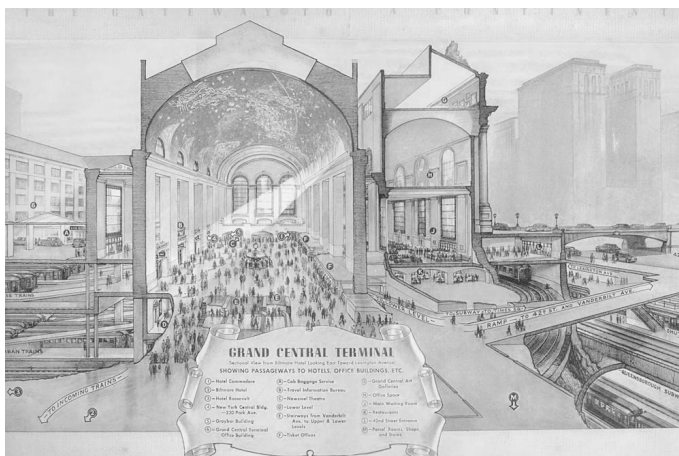
C'est encore aujourd'hui la plus grande gare du monde par son nombre de quais - 44. En surface, le bâtiment est de style beaux-arts, il est connu pour son grand hall de 38m de hauteur, accessible depuis les rues. Les quais se situent dans deux niveaux inférieurs, dont l'emprise dépasse le bâtiment de surface. Cette gare est ainsi l'aboutissement de nombreuses voies de train provenant en majorité du Nord, suivant *Park Avenue*, souterraines entre le terminal et la 97^{ème} rue, surélevées au delà. Le réseau de métro est également directement accessible. Le long des galeries d'accès se trouvent des commerces et restaurants. En dessous de cette gare se trouvent environ 10 niveaux d'installations techniques, mais aussi un complexe, nommé *M42* et dont l'emplacement exact demeure secret. Il s'agit d'un espace d'un volume considérable, comparable à celui du grand hall de la gare, dont l'accès se situe à plus de 40 mètres de profondeur. C'était l'ancienne centrale de con-

À gauche : coupe sur le décalge de niveau par rapport au plan de la grille

*Destruction du
vieux couvert et
travaux souter-
rains pour les
nouvelles voies,
1908*



*Illustration de
Grand Central
Terminal, ses
articulations
de niveaux et
ses nombreuses
liaisons souter-
raines*



*Hall de Grand
Central Termi-
nal, 2015*



trôle de la gare et des lignes qui s'y rattachent, qui fut un lieu stratégique pendant la seconde guerre mondiale. Sa construction a été particulièrement titanesque, alternant explosions et déblaiements, et le complexe nécessite en outre un entretien et des pompages d'eau constants. Enfin, un nouveau terminal souterrain creusé par la méthode de construction profonde, situé sous le niveau des tunnels actuels entre la 45^{ème} et la 48^{ème} rue, est en travaux actuellement, pour lier les trains provenant de *Long Island* à la gare.

Ainsi, il apparaît que *Grand Central Terminal* illustre de façon particulièrement prononcée les questions relatives aux sous-sols des blocs : le bâtiment au caractère propre et unique qui s'intègre dans la trame en surface se prolonge avec les sous-sols les plus profonds de Manhattan. Par ailleurs, cette entité se relie par le souterrain, via des galeries appréciées des usagers, aux réseaux de métro et de train, la liant ainsi avec le reste de la ville, et à large échelle au reste de l'Etat de New York, du pays et même à l'étranger.

Au-delà de ces aspects caractéristiques, la gare met par ailleurs en scène une diversification des niveaux de circulation qui dépasse largement la rigidité de la grille.

On peut noter la présence d'une voie abandonnée menant à une gare secrète désaffectée en dessous de l'hôtel *Waldorf Astoria*, construite sous l'autorité du président Franklin D. Roosevelt pour qu'il puisse accéder directement et discrètement à sa chambre lors de ses visites à New-York, sans se monter en public en chaise roulante.

En complémentarité de *Grand Central Terminal*, la gare de *Penn Station*, également desservie par le réseau de métro, lie New-York avec les territoires de l'Est et de l'Ouest, également via des voies souterraines.



L'ABANDONNÉ

Le sous-sol de Manhattan contient une multitude d'espaces souterrains construits et abandonnés qui font partie de son patrimoine. Néanmoins, ils sont très difficiles d'accès, notamment depuis les attentas de septembre 2001. Les passages pouvant y mener sont très surveillés et les archives et données permettant de les caractériser sont de moins en moins disponibles. Comme évoqué dans le prologue, les travaux de certains photographes, écrivains et explorateurs urbains avérés permettent aujourd'hui de rendre compte des singularités de ces endroits, « *terrains de jeux de l'imagination* »¹. Ces lieux fascinants font partie intégrante de la substance des souterrains de Manhattan et représentent de plus des sites à fort potentiel pour le développement d'un projet.

FASCINATION

A New-York, *the city that never sleeps*, il est captivant d'imaginer que si proche de la vie trépidante qui la caractérise se trouvent des espaces vides, décrits comme calmes, silencieux ou animés par un bruit étouffé qui témoigne de leur proximité à l'activité de la ville.

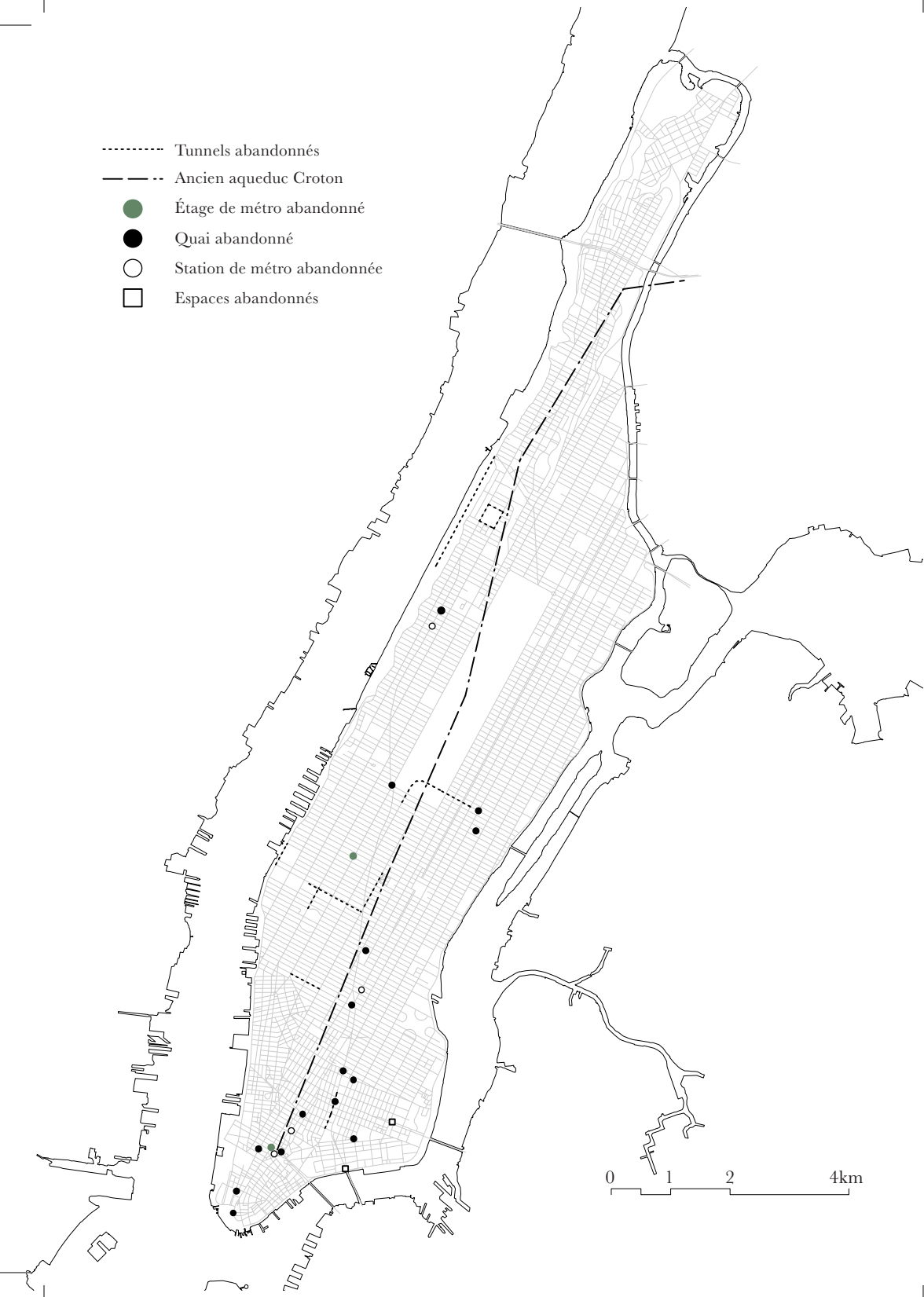
A l'image de la station *City Hall IRT*, le réseau de métro en particulier comporte de nombreuses infrastructures inutilisées, qu'il s'agisse de stations, de tunnels ou de locaux annexes.

En ce qui concerne ces stations, elles peuvent être complètement ou partiellement fermées. Quatre arrêts datant de l'*IRT* notamment - *City Hall*, *Worth Street*, *18th Street* et *91st Street* - ont été condamnés, rendus obsolètes par de nouvelles stations ou

¹ Julia Solis, *New York Underground*, p. 7

À gauche : *Freedom Tunnel*

- Tunnels abandonnés
- -- Ancien aqueduc Croton
- Étage de métro abandonné
- Quai abandonné
- Station de métro abandonnée
- Espaces abandonnés



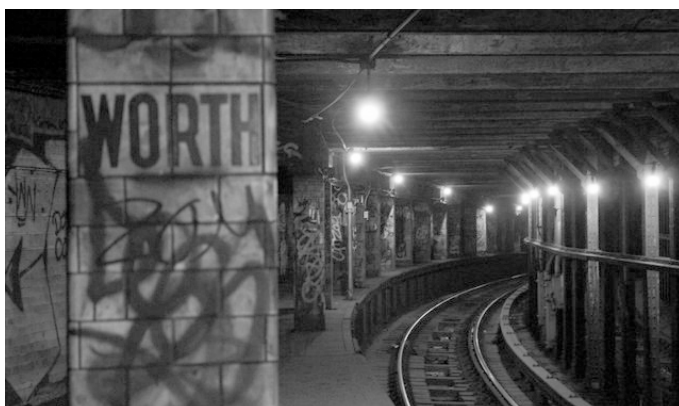
0 1 2 4km



*Station 18th
Street*



*Hall d'entrée de
la station City
Hall IRT*



*Station Worth
Street*

À gauche : carte non-exhaustive d'espaces abandonnés



*Station de
Chambers Street*



*Station de la
91th Street*



*Freedom Tunnel
sous Riverside
Park*

trop difficiles à prolonger pour s'adapter aux rames allongées. Quant aux stations en partie fermées, les zones inutilisées peuvent avoir été en fonction, ou avoir été construites sans n'être jamais mises en service. Il peut s'agir dans ce cas de quais inutilisés, comme par exemple à *Bowling Green* ou *Chambers Street*, ou encore de niveaux entiers fermés, c'est le cas entre autres du niveau inférieur de la station *42nd Street-Port Authority Terminal* ou de celui de la station *City Hall-Brooklyn Bridge* - à ne pas confondre avec sa voisine *City Hall IRT*. Ces derniers présentent la particularité de jouxter des stations de grande envergure, ou plusieurs lignes se croisent ou sont reliées par des passages piétons souterrains. Ces stations peuvent par ailleurs être traversées ou non par des rames de métro. Lorsque c'est le cas, il s'agit souvent du seul moyen pour le public d'avoir un aperçu de ces lieux. Quand en revanche elles ne sont pas traversées, le côté mystérieux de ces *ghost stations* est renforcé par le fait que la plupart sont opérationnelles mais restent complètement inanimées - elles sont par exemple éclairées, ventilées, possèdent des quais et cages d'escaliers. L'étage inférieur de la station *City Hall-Brooklyn Bridge*, desservi par des voies inachevées, constitue un exemple démonstratif.

Ces considérations sont par ailleurs aussi valables pour les tunnels, qui peuvent être soit obsolètes, soit inachevés, soit construits en prévision d'une utilisation future qui n'a pas - ou toujours pas - eu lieu. C'est ainsi que, comme le décrit Julia Solis dans *New York Underground : The Anatomy of a City*, les tunnels inutilisés forment par exemple un réseau qui permet une exploration souterraine traversant Chinatown. Elle se compose en premier lieu d'une portion inachevée à l'extrémité du *Manhattan Bridge*, dont la construction a été interrompue car elle mettait en péril la stabilité des fondations de bâtiments voisins. Ces *dead tracks* rejoignent des voies de la station de *Canal Street*, fermées pour la même raison, puis les voies inutilisés dans le prolongement de l'arrêt *Chambers Street*, qui elles-mêmes rejoignent les tunnels sans rails qui mènent à la partie condamnée de la station *City Hall-Brooklyn Bridge*. La séquence d'ambiances décrites, semble en contraste radical avec la vie du dessus, dont elle est pourtant très proche, entre zones silencieuses, humides, plus ou moins éclairées, plus ou moins proches de la circulation et des stations de métro

en fonction, rythmées par des structures métalliques, laissant parfois apparaître le terrain excavé.

En plus des tunnels et stations de métro, il existe quelques autres espaces souterrains partiellement ou complètement abandonnés. Par exemple, des larges tunnels anciennement piétons se superposant ou croisant le réseau de métro offraient des liens souterrains entre des points de la ville ou des stations de métro de lignes différentes. Ils reliaient entre autres *Penn Station* à l'intersection de *Broadway* et de la 6^{ème} avenue - ou *Avenue of the Americas* -, ou se déployaient par exemple sous la 6^{ème} avenue entre la 34^{ème} et la 42^{ème} rues, ou de même sous la 14^{ème} rue, reliant les 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} avenues. Ces lieux abandonnés, nombreux et difficiles à référencer, ont été fermés pour des problèmes de coût d'entretien et de criminalité. Ils sont pourtant porteurs d'un riche potentiel.

Le *Freedom Tunnel*, sous *Riverside Park* à l'Ouest de Manhattan, est un cas relativement particulier. Caractérisé par ses murs en béton et ses puits de lumière distribués entre ses poutres métalliques, il est aujourd'hui occupé par des voies de trains sur seulement une partie de sa largeur. Cependant, il est resté longtemps quasiment inutilisé et était entre les années 1970 et 1990 le lieu de squat de plusieurs centaines de *Mole People* - terme qui désigne les sans-abris vivant dans les espaces construits sous la ville. Si les graffitis présents dans de nombreux souterrains témoignent aujourd'hui de leur présence passée - ou de l'intervention plus récente de graffeurs « invités » -, les habitants des souterrains sont actuellement très peu nombreux. Ils ont en effet subi des évictions massives dans les années 1990, d'abord des stations et tunnels de métros *downtown*, puis du *Freedom Tunnel*. Selon Moses Gates, urbaniste et explorateur urbain, et à titre d'exemple, il existe tout de même deux habitants qui « possèdent » ce tunnel, qu'il faut absolument connaître pour pouvoir s'aventurer dans cet espace de manière relativement sûre.

Dans l'optique d'un projet souterrain, au-delà du côté fascinant ou énigmatique que présentent ces lieux, ils représentent comme espaces creusés, construits et inutilisés une potentielle « porte d'entrée » dans la profondeur. Associés à une certaine

mémoire, ils ont l'avantage d'être en général déjà connectés aux infrastructures de services, ils sont souvent situés à proximité des réseaux de transports, et constituent ou possèdent des liens existants avec le tissu dense de la ville en surface. Ainsi, comme sites réaffectés et/ou parties d'un projet souterrain plus large, ils peuvent se révéler comme des points clés d'un développement souterrain futur.

THE LOWLINE PROJECT

The Lowline Project est un récent projet mené par une équipe interdisciplinaire d'architectes, ingénieurs et étudiants, qui proposent la reconversion d'un ancien terminal souterrain de tramways, en fonction de 1908 à 1948 et actuellement inutilisé, en un parc souterrain. Ce lieu se situe sous *Delancey Street* dans *Lower East Side*, à proximité de l'arrivée du *Williamsburg Bridge* d'où arrivaient les tramways. Il est adjacent à la station *Essex Street* des lignes J, M et Z et sera par ailleurs accessible depuis celle-ci. Mis à part quelques rares événements et l'existence du *New York City Transit Museum* dans l'ancienne station de métro *Court Street* à *Brooklyn*, c'est le premier projet qui suggère à Manhattan la réaffectation d'une telle infrastructure abandonnée, pour un programme public par ailleurs.

La démarche de projet, initiée en 2009, est surtout basée sur un système optique de transmission de la lumière naturelle pour faire pousser de la végétation dans un parc en profondeur, prenant comme prétexte le fait que la zone du projet est parmi les moins végétalisées de la ville. On peut retrouver quelques points communs avec la *Highline*, ancienne ligne ferroviaire surélevée de l'Ouest de Manhattan réaffectée en promenade publique, à laquelle le nom du projet répond ironiquement. Ceux-ci s'expriment tout d'abord par le programme implanté mais surtout dans la manière de conserver des éléments en mémoire de la fonction originelle du lieu. Ainsi, la structure, dont le rythme s'adaptait aux rayons de courbure des rails, est en grande partie visible, de même, certains caténaires sont conservés au plafond et les rails sont visibles au sol.

Le programme de ce projet et son site font l'objet d'une certaine controverse. Du fait que la zone d'implantation, qui re-



*Image du projet
de la Lowline*



*Prototype du
système optique*

groupe beaucoup de parkings, nécessiterait d'un point de vue urbanistique des améliorations en surface dans un premier temps, l'implantation d'un parc souterrain peut ne pas sembler pertinente. Certaines critiques se basent aussi sur l'idée qu'un parc doit être en extérieur et que d'autres programmes seraient plus pertinents pour ce lieu. Néanmoins, le projet a déjà été présenté à plusieurs reprises au travers d'articles de journaux et d'expositions, montrant un prototype en fonction du dispositif optique, et a reçu à ces occasions un retour majoritairement positif de la part du public et de certaines personnalités politiques. Il figure dans le classement des « 25 meilleures inventions de 2015 » du Time Magazine.

Le projet devrait aboutir en 2020 et nécessite plusieurs années de négociations avec le *MTA* et la ville. Il montre cependant un intérêt important de la part du public et des autorités pour la réaffectation d'infrastructures souterraines abandonnées, qui suppose la mise en scène d'une mémoire forte, ainsi que pour la création d'espaces publics souterrains. Il apparaît également, au travers de critiques formulées à son égard, que la complémentarité avec la situation en surface est primordiale.



EPILOGUE

La narration de *Manhattan Underground* dresse ainsi un portrait qui vise à caractériser l'ensemble de l'île, plus profondément que ce que l'on peut connaître de ses différentes zones. Elle a permis de construire au fil du texte une image de la manière dont le modèle vertical se prolonge en dessous de la grille qui en est la condition de base, en intégrant petit à petit la complexité de l'épaisseur de cet arrondissement, le plus densément peuplé des Etats-Unis.

Il semblerait réducteur de résumer ici le propos par quelques pistes de projets qui s'en dégagent, la discussion des thèmes en elle-même pouvant dans son ensemble nourrir un projet, enrichir *le château souterrain* imaginé, de manière différemment influente suivant le projet et les thèmes auxquels il se rattache plus ou moins. Néanmoins, il permet de distinguer plusieurs champs de possibilités pour un développement souterrain de Manhattan, qui peuvent se combiner ou se recouper, et qui peuvent être ensuite développés grâce à une interprétation des thèmes traités dans le texte.

Tout d'abord, en terme d'échelle, qu'il s'agisse d'une planification souterraine pour l'ensemble de l'île, d'un projet en profondeur pour un quartier, un bloc, un bâtiment, un espace public ou sous une rue, l'intervention est pertinente pour l'ensemble de ces possibilités. De plus, le projet peut considérer le sous-sol d'un bloc, un travail dans l'épaisseur majoritairement artificielle située entre le plan horizontal de la grille et la surface de la roche-mère ou encore une intervention creusée en profondeur. Également, il peut se développer dans l'un des espaces souterrains abandonnés, travailler avec la question de la mémoire et/ou être nouvellement construit.

En terme programmatique, il nous semble que le projet doit avoir une portée publique. En réponse à l'élan de base de cette recherche, il apparaît que la pression et la spéculation immobilières poussent en dehors de l'île de nombreux programmes annexes qui pourtant sont essentiels à son fonctionnement. Cela est particulièrement illustré par la question énergétique, mais aussi par les problèmes dus à l'accumulation et au traitement délocalisé des déchets, ou encore par les services, comme par exemple les entreprises de lavage de linge, pour lesquelles il est plus rentable d'avoir des locaux en dehors de la ville et des camions qui quotidiennement font la navette entre Manhattan et des zones industrielles que d'être implantées sur l'île. Bon nombre de ces programmes pourraient s'adapter aux conditions du souterrain, permettant une proximité à la ville et une bonne efficacité énergétique, ainsi qu'une possibilité pour les employés de travailler au cœur de Manhattan. De plus, certains programmes nécessitent par leur nature un environnement contrôlé qui peut être en synergie avec celui du souterrain, qui demande de conditions de viabilité spécifiques.

Il apparaît également que des espaces et programmes publics souterrains peuvent présenter des caractéristiques spatiales spécifiques et riches. Les questions des repères et de la manière de se lier à la surface sont centrales et peuvent être traitées à partir des points abordés dans cet énoncé.

Lorsque l'on ajoute des services locaux ou des espaces publics, la question de la gentrification est importante, particulièrement à Manhattan, qui dans son ensemble est très attractive. La *High Line*, qui est un projet exemplaire comme promenade urbaine réaffectant une infrastructure de transport obsolète, a cependant engendré des problèmes notables de ce point de vue. En effet, un district spécifique a été délimité pour les blocs qui la bordent, avec la définition de gabarits particuliers en gradins le long de la promenade et transfert les droits à bâtir comme augmentation de la densité sur les terrains voisins. Le financement d'une partie des travaux par la ville est de plus compensé par une spectaculaire augmentation des impôts sur les surfaces bâties dans ce district. La zone le long de ce projet est donc en profonde mutation. Ainsi, si la

qualité de cet espace public en lui-même fait la quasi-unanimité, la politique qui accompagne la transformation de ses abords conduit à des conflits entre la population d'origine du quartier, et les nouvelles occupations. Les terrains et surfaces bâties ont pris une telle valeur qu'ils ne correspondent plus aux habitants originels du quartier. Face à ce type de phénomène, qui est relativement délibéré de la part des autorités, il peut sembler nécessaire de construire des espaces publics et services destinés à la population existante et non dans un but d'augmenter la valeur financière des lieux avoisinants. Ces considérations concernent ici un espace public en surface - et même surélevé - mais il nous semble indispensable de tenir compte de celles-ci pour un projet souterrain.

À cet énoncé est joint un dessin dépliant qui en constitue la couverture. Il propose au lecteur un support graphique qui interprète l'image de la profondeur dépeinte par le texte, sur l'ensemble de Manhattan. Les informations représentées et leur échelle sont délibérément sélectionnées pour mettre en rapport certaines des composantes abordées dans le travail écrit. En parallèle avec le texte, il permet en cela de dresser un portrait inédit de la profondeur manhattanienne, et ainsi amorcer une démarche projectuelle.



BIBLIOGRAPHIE

LITTÉRATURE

AVANT-PROPOS

KOOLHAAS Rem, *New York Délire*. Parenthèses, 2002

PROLOGUE

GUINI-SKLIAR Ania, VIRE Marc, LORENZ Jacqueline, GELY Jean-Pierre, BLANC Annie, *Les souterrains de paris - Les anciennes carrières souterraines*. Nord Patrimoine Editions, 2002

KOOLHAAS Rem, *New York Délire*. Parenthèses, 2002

LEWIS Carroll, *Alice's Adventures in Wonderland*. Puffin Books, 2015

VON MEIJENFELDT Ernst, *Below Ground Level: Creating New Spaces for Contemporary Architecture*. Birkhauser Verlag AG, 2005

VON MEISS Pierre et RADU Florinel, *Vingt mille lieux sous les terres. Espaces publics souterrains*. PPUR, 2004

CONDITIONS DU MODÈLE VERTICAL ET PROFOND

HOMBERGER Eric et HUDSON Alice, *The historical atlas of New York City, a visual celebration of nearly 400 years of New York City's history*. Holt, Henry & Company, Inc. New York, 1996

KOOLHAAS Rem, *New York Délire*. Parenthèses, 2002

LA GÉOLOGIE

KOOLHAAS Rem, *New York Délire*. Parenthèses, 2002

SANDERSON Eric W, *Manahatta : a natural history of New York City*. Paperback, 2013

SOLIS Julia, *New York Underground*. Routedledge, 2005

VON MEISS Pierre et RADU Florinel, *Vingt mille lieux sous les terres. Espaces publics souterrains*. PPUR, 2004

LA GRILLE

GOEL R. K., SINGH Bhawani, ZHAO Jian, *Underground Infrastructures: Planning, Design, and Construction*. Butterworth-Heinemann, 2012

HOMBERGER Eric et HUDSON Alice, *The historical atlas of New York City, a visual celebration of nearly 400 years of New York City's history*. Holt, Henry & Company, Inc. New York, 1996

KOOLHAAS Rem, *New York Délire*. Parenthèses, 2002

SANDERSON Eric W, *Manahatta : a natural history of New York City*. Paperback, 2013

GOEL R. K., SINGH Bhawani, ZHAO Jian, *Underground Infrastructures : Planning, Design, and Construction*. Butterworth-Heinemann, 2012

NYTM with Vivian HELLER, *The City Beneath Us : Building the New York Subway*. WW Norton & Co, 2004

SOLIS Julia, *New York Underground*. Routedledge, 2005

VON MEISS Pierre et RADU Florinel, *Vingt mille lieux sous les terres. Espaces publics souterrains*. PPUR, 2004

LE BLOC

KOOLHAAS Rem, *New York Délire*. Parenthèses, 2002

SCHLICHTING Kurt C., *Grand Central Terminal : Railroads, Engineering, and Architecture in New York City*. Johns Hopkins University Press, 2001

L'ABANDONNÉ

COHEN Jean-Louis et MASBOUNGI Ariella, *New York, Réguler pour innover. Les années Bloomberg*. Parenthèses, 2014

ELLIS Will, *Abandoned NYC*. Schiffer Publishing, Ltd., 2015

GATES Moses, *Hidden Cities: Travels to the Secret Corners of the World's Great Metropolises; A Memoir of Urban Exploration*. Tarcher, 2013

MCCANN Colum, *Les saisons de la nuit*. Editions 10/18, 1999

SOLIS Julia, *New York Underground*. Routledge, 2005

TOTH Jennifer, *The Mole People: Life in the Tunnels Beneath New York City*. Chicago Review Press, 1995

EPILOGUE

COHEN Jean-Louis et MASBOUNGI Ariella, *New York, Réguler pour innover. Les années Bloomberg*. Parenthèses, 2014

DAVID Joshua, HAMMOND Robert, *High Line : The Inside Story of New York City's Park in the Sky*. FSG Originals, 2011

SITES INTERNET

<http://www.nyc.gov>

<http://www.nyc.gov/html/dcp/html/subcats/zoning.shtml>

<http://www.nycgovparks.org>

http://www.nyc.gov/html/dep/html/drinking_water/history.shtml

<https://welikia.org>

<http://www.mta.info>

<http://www.nypl.org>

<http://www.newyorknature.net/Geology.html>

David Pirmann pour <http://www.nycsubway.org>

Michelle Young pour <http://untappedcities.com>

Kevin Walsh pour <http://forgotten-ny.com>

Jen Chung pour <http://gothamist.com>

<http://www.columbia.edu/~brennan/abandoned/>

<http://nym.pastperfect-online.com/34394cgi/mweb.exe?request=ks>

<http://www.nationalgeographic.com/features/97/nyunderground/>

<http://time.com/4081090/lowline-high-line/>

<http://www.archdaily.com/tag/low-line>

<http://www.thelowline.org>

<http://www.thehighline.org>

<http://www.gcthistory.com>

<http://www.davidrumsey.com>

DOCUMENTATION

MAROT Sébastien, *Sub-urbanisme / sur-urbanisme. De Central Park à La Villette*. Marnes, 2011

PARRIAUX Aurèle, *Projet Deep City, Ressources du sous-sol et développement durable des espaces urbains*. Rapport de recherche PNR54, Hochschulverlag, 2010

New York City's Wastewater Treatment System, New York City Dep. Of Environmental Protection. 34p.
<http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/wssystem.pdf>

One City: Built to last, City of New York, 2014. 114 p.
<http://www.nyc.gov/html/builttolast/pages/home/home.shtml>

FILMOGRAPHIE

Metropolis, Fritz LANG, 1927

Documentaire *Sous les gratte-ciels de New York : le monde d'en bas*, Mystère TV.
<http://www.mystere-tv.com/sous-les-gratte-ciels-de-new-york-le-monde-d-en-bas-v3098.html>

Undercity, Steve DUNCAN. <http://www.undercity.org/videos/undercity-nyc/>



ICONOGRAPHIE

Les images ont toutes été retouchées par les auteurs, parfois mises en noir et blanc et/ou contrastées. Les cartes ont été faites sur la base d'un fichier DWG reconstitué par les auteurs.

PROLOGUE

- p. 12 (haut) <http://www.newworldwonders.com/2013/08/some-other-unintentionally-hilarious.html>
(bas) Metropolis, <http://www.leninimports.com/metropolis.html>
- p. 14 (haut) <http://focusingfuture.com/reader/expanding-underground>
(bas) http://www.yelp.ca/biz_photos/ville-souterraine-reso-underground-city-montréal-2?select=iu4woxd6RmpOvvFbJIT0wA

CONDITIONS DU MODÈLE VERTICAL ET PROFOND

- p. 16 Photo Nicolas Olivier
- p. 18 Rem Koolhaas, New York Délire, p. 83
- p. 20 http://www.codex99.com/cartography/images/nyc/bridges_1811_lg.jpg
- p. 24 Photo Manon Muller
- p. 26 http://ngmdb.usgs.gov/Prodesc/proddesc_10233.htm
- p. 28 http://www.newmango.com/infographics/lsc_cityscape.html
- p. 30 Illustration Manon Muller et Nicolas Olivier
- p. 32 Illustration Manon Muller et Nicolas Olivier
- p. 34 Carte Manon Muller et Nicolas Olivier, sur la base du réseau d'eau de Eric W. Sanderson, <https://welikia.org>

- p. 35 <https://jonandginnie.files.wordpress.com/2011/05/viele-map.jpg>
- p. 36 Carte Manon Muller et Nicolas Olivier, sur la base du relief de Eric W. Sanderson, Mannahatta, p. 79
- p. 37 Photo montage Eric W. Sanderson
<https://www.tes.com/lessons>

LA GRILLE

- p. 38 Photo Sergey Semonov, <http://imgur.com/gallery/zWzle>
- p. 40 Lithographie de G. Hayward, dans Eric W. Sanderson, Mannahatta a natural history of New York City, p.80
- p. 41 Lithographie de G. Hayward, dans Eric W. Sanderson, Mannahatta a natural history of New York City, p. 80
- p. 42 Carte Manon Muller et Nicolas Olivier, sur la base de Eric W. Sanderson, Manahatta : a natural history of New York City, p. 81

LES RÉSEAUX

- p. 44 Steve Duncan, <http://www.undercity.org/#gallery/2771/216>
- p. 46 David Macauley, Underground, p. 44
- p. 48 David Macauley, Underground, p. 69
- p. 50 Carte Manon Muller et Nicolas Olivier, sur la base de Kate Ascher, The Works, Anatomy of a City, p. 118
- p. 52 Illustration Manon Muller et Nicolas Olivier
- p. 54 Carte Manon Muller et Nicolas Olivier, sur la base de Kate Ascher, The Works, Anatomy of a City, p. 165
- p. 58 (haut et bas) <http://thesuperslice.com/2012/11/01/lights-out-photos-of-nyc-blackout-several-seconds-paul-mcgeiver/>

LE MÉTRO

- p. 60 Steve Duncan, <http://www.undercity.org>
- p. 63 Gravure de *Scientific American of March 5, 1870*,

<http://www.columbia.edu/~brennan/beach/chapter7.html>

- p. 64 Archives du New York Transit Museum et Vivan Heller, *The City Beneath Us : Building the New York Subway*, p. 108
- p. 66 (haut) Archives du New York Transit Museum et Vivan Heller, *The City Beneath Us : Building the New York Subway*, p. 180
(bas) Archives du New York Transit Museum et Vivan Heller, *The City Beneath Us : Building the New York Subway*, p. 179
- p. 68-69 Illustration Manon Muller et Nicolas Olivier
- p. 70 Illustration Manon Muller et Nicolas Olivier
- p. 74 Carte Manon Muller et Nicolas Olivier
- p. 78 (haut) Brian Merlis Collection, <http://www.brooklynpx.com>
(bas) Photo Nicolas Olivier
- p. 80 Illustration Manon Muller et Nicolas Olivier
- p. 82 (haut) https://fr.wikipedia.org/wiki/72nd_Street
(milieu) <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=34300&page=98>
(bas) Photo Manon Muller
- p. 84 (haut) <http://nycsubway.org>
(bas) John Paul Palescandolo,
https://lightingtheway.files.wordpress.com/2010/07/jp_p_040408-color.jpg
- p. 86 Illustration Manon Muller et Nicolas Olivier

LE BLOC

- p. 88 <https://www.studyblue.com/notes/note/n/final/deck/9146292>
- p. 90 <http://www.nyhistory.org/about/rights-reproductions>
- p. 92 Jean-Louis Cohen et Ariella Masbouni, *New York, réguler pour inover, les années Bloomberg*, p. 20
- p. 94 (haut) Lithographie <http://glassian.org/whatsnew.html>
(bas) <https://mynycphotography.wordpress.com/tag/soho/>

- p. 95 <http://www.nycago.org/Organs/NYC/html/HolyTrinityLuth.html>
- p. 96 Illustration Manon Muller et Nicolas Olivier
- p. 98 (haut) <http://www.gcthistory.com>
 (milieu) <http://www.gcthistory.com>
 (bas) Photo Manon Muller

L'ABANDONNÉ

- p. 100 Steve Duncan, <http://www.undercity.org/#gallery/2771/216>
- p. 102 Carte Manon Muller et Nicolas Olivier
- p. 103 (haut) Steve Duncan, <http://www.undercity.org>
 (milieu) <http://noliesradio.com>
 (bas) Dock Ellis, <http://untappedcities.com>
- p. 104 (haut) Michelle Young, <http://untappedcities.com>
 (milieu) Marie Currie, <http://untappedcities.com>
 (bas) Steve Duncan, <http://www.undercity.org>
- p. 108 (haut) <http://www.thelowline.org>
 (bas) Photos Manon Muller et Nicolas Olivier





ANNEXES

EXTRAITS PHOTOS DU CARNET DE VOYAGE



*Unparalleled parking
à l'extérieur,
novembre 2015*



*Vue depuis la
Highline, novem-
bre 2015*



Façade en brique,
la Highline,
novembre 2015



*Central Park,
novembre 2015*



*Couché de soleil
sur la Statue
de la Liberté,
novembre 2015*



*Intérieur d'un
métro, novembre
2015*



*Vue sur Lower
Manhattan,
novembre 2015*



*Bus scolaire,
novembre 2015*



*Pont de Brook-
lyn, novembre
2015*

