

# La ventilation naturelle en milieu urbain.

## Etudes de cas

## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>I. Contexte climatique, environnemental et architectural</b> .....	<b>4</b>
<b>I.1.) La ventilation : définition et finalités</b> .....	<b>4</b>
I.1.a) La ventilation hygiénique .....	4
I.1.b) La ventilation régulatrice thermique .....	5
I.1.c) La ventilation naturelle.....	6
<b>I. 2.) Analyse de conditions climatiques</b> .....	<b>7</b>
I. 2.a) Les données météorologiques .....	7
I.2.b) Le mouvement du vent dans le micro-climat .....	8
I.2.c) Le soleil et les îlots de chaleur urbaine .....	12
I. 2.d) Les nuisances sonores.....	14
I. 2.e) La pollution de l'air extérieur et la qualité de l'air intérieur .....	15
<b>II. Etudes de cas</b> .....	<b>17</b>
<b>II.1.) Centre psychiatrique Canning Crescent</b> .....	<b>17</b>
II. 1.a) Description du projet .....	17
II. 1.b) Stratégie de ventilation .....	19
II. 1.c) Respect des objectifs du projet.....	25
<b>II.2.) Centre de recherche BRE à Londres</b> .....	<b>27</b>
II.2.a) Description du projet.....	27
II.2.b) Stratégie de ventilation .....	29
II.2.c) Respect des objectifs du projet.....	33
<b>II.3.) Siège GSW à Berlin</b> .....	<b>35</b>
II.3.a) Description du projet.....	35
II.3.b) Stratégie de ventilation .....	37
II.3.c) Respect des objectifs du projet.....	46
<b>III. Obstacles et réflexion</b> .....	<b>47</b>
<b>II.1.) Les ambitions du projet</b> .....	<b>47</b>
<b>II.2.) Les contraintes programmatiques</b> .....	<b>50</b>
<b>II. 3.) Arbitrages et erreurs dans la conception</b> .....	<b>51</b>
<b>II. 4.) L'usage</b> .....	<b>52</b>
<b>II.5.) La maintenance</b> .....	<b>53</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>54</b>

## Introduction

Lorsqu'ils conçoivent des espaces, les architectes travaillent avec les paramètres et les sensibilités qui leur sont propres. Ils interprètent le génie du lieu, la relation d'un édifice avec son contexte urbain et paysager, son histoire, les vues et parcours de l'utilisateur, l'intimité, la lumière...

Pourtant la sensation de chaleur, la brise d'air frais, l'humidité et de manière générale toutes ces impressions que l'on peut ramener à la notion de « confort climatique » font aussi partie de l'expérience spatiale de chaque individu. Ils influencent le ressenti d'un lieu au même titre que ses proportions ou tout autre caractéristique purement architecturale.

Par le passé, dans l'architecture dite vernaculaire, ces éléments étaient connus et intégrés dans les modèles des bâtisseurs, issus de connaissances empiriques propres aux civilisations humaines qui s'adaptent à leur environnement. Nous pouvons prendre comme exemple connu les villas romaines avec leur atrium dans le cœur du bâtiment. Leur proportion et leur orientation assuraient une belle lumière, de l'ombre, de la fraîcheur, de l'humidité par la récupération d'eau de l'impluvium....

Actuellement, le domaine thermique a été intégré dans les études des ingénieurs du fait de sa nature de plus en plus technique. Au regard de la complexité des différents dispositifs présents dans le bâtiment moderne, des disciplines spécifiques ont été créées en compartimentant le savoir-faire de chaque corps de métier. Or, en tant qu'architecte, c'est en prenant en main la globalité des contraintes, y compris la technique, qu'on peut davantage maîtriser la qualité effective d'un espace.

En plus de ce souci de qualité architecturale s'ajoute évidemment la considération écologique. Le dérèglement climatique s'accroissant, le confort d'été est de plus en plus difficile à atteindre et nous savons que les émissions de dioxyde de carbone doivent être réduites dans toutes les composantes de l'activité humaine. S'il nous paraît absurde que, dans un monde qui se réchauffe, les systèmes mécaniques de climatisation doivent accroître leur activité et participer davantage au problème lui-même il convient alors d'explorer les techniques alternatives à notre disposition. Ayant conscience de l'urgence à laquelle nous sommes confrontés, il devient notre responsabilité de s'impliquer activement : ce que l'on construit aujourd'hui doit être fait avec les normes de demain.

C'est pour ces raisons que des dispositifs doivent être trouvés dans la structure même du bâtiment pour assurer les qualités thermiques souhaitées, à l'aide d'un travail interdisciplinaire entre les architectes et les ingénieurs. La ventilation naturelle en fait partie, utilisant comme moteurs le vent et le tirage thermique afin d'assurer un confort thermique et une bonne qualité de l'air pour les humains et les animaux.

Dans ce mémoire, nous allons explorer les impacts de différentes stratégies pour intégrer la ventilation naturelle dans la conception architecturale dans le milieu urbain à travers l'étude de

3 cas. Comment donne-t-elle de la qualité à l'espace architectural ? Quelle forme prend-t-elle ? Quelles sont les leçons de bonnes pratiques que nous pouvons tirer de ces trois exemples ? A l'inverse, quels sont les écueils propres à de telles technique qu'ont rencontré les acteurs de la réalisation de ces projets ?

Dans le premier chapitre nous identifierons les paramètres qui décrivent les interactions entre le bâtiment et son contexte. Nous poserons les bases des données qui nous permettent d'identifier les problématiques d'un lieu et de convenir de la finalité qu'un système de ventilation efficace doit atteindre.

Le deuxième va traiter, à travers l'analyse de trois projets, les différents types de ventilation et les stratégies à employer en fonction d'un contexte spécifique.

Enfin, en troisième partie, nous parlerons des obstacles réglementaires, économiques ou techniques qui ont eu un impact sur la conception, la réalisation ou l'usage des bâtiments.

## I. Contexte climatique, environnemental et architectural

### I.1 La ventilation : définition et finalités

*“Nous désignons la **ventilation** comme étant l’ensemble des systèmes passifs ou actifs, mécaniques ou non, ayant pour but de renouveler l’air intérieur, ainsi que de participer au confort dans les pièces ventilées par apport d’air neuf frais ou par brassage d’air. Le principe de la ventilation est d’insuffler de l’air neuf/propres dans le bâtiment, puis de faire circuler cet air à travers les zones à ventiler, pour enfin extraire l’air vicié et le rejeter à l’extérieur”.*<sup>1</sup>

La ventilation dans le bâtiment a donc deux composantes, hygiénique et thermique, qu’il convient de définir.

#### I.1.a) La ventilation hygiénique

Nous ventilons pour permettre au bâtiment et à ses occupants de respirer : pour éliminer la pollution créée par les activités humaines et par le bâtiment à travers ses équipements et matériaux. Ce type de ventilation porte le nom de « **ventilation hygiénique** et a le but d’apporter de l’air non-vicié aux occupants, de préserver le bâti, d’évacuer les polluants présents à l’intérieur et limiter l’introduction de polluants extérieurs. »<sup>2</sup> Elle participe à la pérennité du bâtiment en réduisant l’humidité qui est une potentielle source des dégâts. Elle est mesurée à travers le taux de renouvellement du volume de l’air d’un local pendant une heure (unité de mesure volume/h). Une autre manière de la calculer, qui prends en compte le nombre des usagers par local est le débit minimal d’air neuf, exprimé en m<sup>3</sup>/h/occupant.

Le mouvement hygiéniste est le premier à souligner l’importance de l’oxygénation et de l’ensoleillement de bâtiments. Pendant la 3ème république, dans de nombreux établissements scolaires ces paramètres sont calculés scientifiquement de façon à être optimisés pour les jeunes élèves.<sup>3</sup>

Après le congrès international d’assainissement et de salubrité de l’habitation qui se tient à Paris en 1904, Il est devenu nécessaire de définir des objectifs à atteindre en ventilation hygiénique en prenant le modèle des hôpitaux. Le programme de logements collectifs étant le plus répandu, les premières réglementations lui sont dédiées.

La prise de conscience de cet enjeu sanitaire majeur est ancienne, mais les progrès techniques et réglementaires ne suivent pas. En 1900, le débit de renouvellement était fixé à un 1 vol/h. A partir de 1982, l’arbitrage est devenu plus axé sur le volet énergie au détriment de la

---

<sup>1</sup> Guide bio tech, Ventilation naturelle et mécanique, Arène en partenariat avec ICEB, 1<sup>er</sup> trim 2012, p. 6

<sup>2</sup> <https://www.guidebatimentdurable.brussels/> accès le 24 09 2022

<sup>3</sup> Chatelet, A.-M. (1999). La naissance de l’architecture scolaire, les écoles élémentaires parisiennes de 1870 à 1914. Paris : Honoré Champion, p.275

qualité de l'air : le taux a été réduit de 60%.<sup>4</sup> C'est la conséquence de la crise énergétique de 1973 qui amène les acteurs du bâtiment à concevoir des enveloppes plus imperméables à l'air, dans le but d'économiser l'énergie utilisée pour le chauffage. Cette baisse du renouvellement d'air entraîne des maladies chroniques pour les occupants. C'est ce qui a été identifié comme le syndrome « sick building syndrome » (abrévié SBS).

Dans une étude d'essai croisé, des chercheurs ont découvert que recirculer seulement 70%<sup>5</sup> de l'air provoquait le SBS et une perception de mauvaise qualité de l'air par les occupants du bâtiment. Les symptômes oculaires, nasaux et gorges sont significativement plus élevés dans le bâtiment avec un taux de renouvellement d'air inférieur à  $10 \text{ l s}^{-1}$ .<sup>6</sup>

Actuellement, nous nous rendons compte que nous travaillons avec des débits minimaux qui réduisent les pertes de chaleur, mais qui ne permettent pas de respecter les contraintes de qualité de l'air intérieur pour que la concentration de chaque polluant soit plus basse que la limite légale admissible.

### I.1.b) La ventilation régulatrice thermique

**Le confort thermique** est une sensation complexe de satisfaction avec l'environnement liée à l'effort physiologique de la régulation thermique du corps<sup>7</sup>. Essentiellement le confort est exprimé par le niveau de satisfaction des usagers d'un bâtiment. La manière la plus logique de le quantifier est en interrogeant les occupants.

En 1982, Fanger propose une méthode de calcul du vote d'un groupe d'individus en prenant en compte les différents paramètres : température, humidité, vitesse de l'air, niveau d'activité et habillement.<sup>8</sup> Il a appelé cette méthode "the predicted mean vote" (PMV). En fonction du PMV, nous pouvons définir le pourcentage minimal de personnes insatisfaites : autour de 5%.

Le model Fanger montre que la température idéale n'est pas une constante telle que défini dans les objectifs de chauffage à 19 et rafraichissement à 26°.

Aujourd'hui, l'objectif fixé dans la conception des espaces de bureaux est une température de 26° degrés qui ne prends pas en compte les augmentations de températures extérieures, ni la tenue vestimentaire des usagers : même température prévue pour une personne en robe légère ou en costume.

---

<sup>4</sup> Règlement sanitaire RSDT

<sup>5</sup> T.K. Wai, H.C. Willem, in *Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition)*, 2011

<sup>6</sup> T.K. Wai, H.C. Willem, in *Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition)*, 2011

<sup>7</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, *march 2005*, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter The role of ventilation, Claude Alain Roulet, page 24

<sup>8</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, *march 2005*, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter The role of ventilation, Claude Alain Roulet, page 25

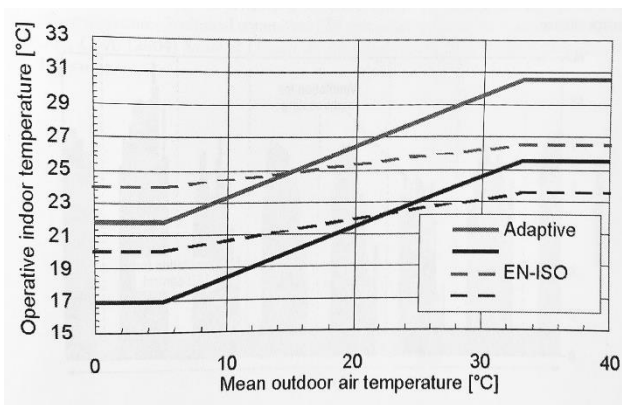
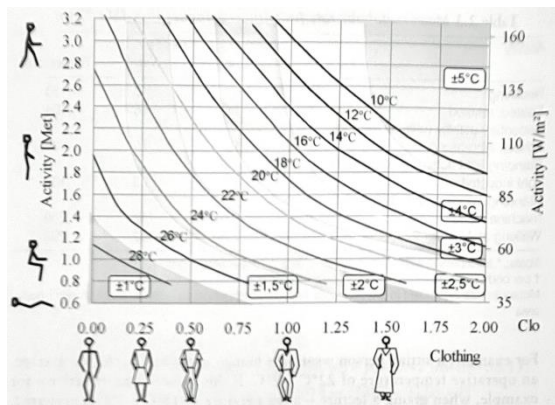


Fig.1. Diagr. de confort en fonction des activités et vêtements<sup>9</sup> Fig 2 Diagr. de confort thermique adaptative<sup>10</sup>

D'ailleurs les écarts importants entre la température intérieure et celle extérieure demandent un effort d'adaptation substantiel à l'organisme humain.<sup>11</sup>

Le niveau de confort de l'utilisateur n'est pas une constante, mais plutôt une variable adaptative dépendante des variations de la température extérieure : avec des vêtements adaptés, une personne peut travailler assise jusqu'au 30°, comme le démontre le diagramme ci-dessus. Dans les situations des températures extrêmes, des solutions simples comme les brasseurs d'air peuvent être utilisées pour réduire la température ressentie de 2-3 degrés.

### I.1.c) La ventilation naturelle

La ventilation naturelle est un type de ventilation qui n'utilise pas des systèmes mécaniques.

Pour renouveler l'air, elle exploite deux moteurs : le tirage thermique et le vent. On parle de ventilation hybride ou de ventilation naturelle hybride lorsqu'une assistance mécanique y est associée.

Il existe plusieurs stratégies de ventilation qui définissent l'espace architectural : la ventilation mono-orientée, traversante, le tirage thermique et des dérivations de ces trois que nous allons traiter plus précisément dans les études de cas.

*“La ventilation naturelle est contrainte avant tout par les choix architecturaux. En effet, par les faibles différentiels de pression qui se créent naturellement, il faut que les espaces à ventiler soient conçus intelligemment pour que la ventilation naturelle soit efficace. Il n'est typiquement pas possible de considérer un bâtiment quelconque et de décréter que la ventilation utilisée sera naturelle.”<sup>12</sup>*

<sup>9</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, march 2005, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter The role of ventilation, Claude Alain Roulet, page 28

<sup>10</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, march 2005, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter The role of ventilation, Claude Alain Roulet page 28

<sup>11</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, march 2005, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter The role of ventilation, Claude Alain Roulet page 31

<sup>12</sup> Guide bio tech, Ventilation naturelle et mécanique, Arène en partenariat avec ICEB, 1<sup>er</sup> trim 2012

Elle permet moins de flexibilité dans le design du bâtiment qu'un système mécanique, en intervenant dans le cœur même de la conception.

La ventilation naturelle ne permet pas de maintenir une température fixe, à cause des variations de débit d'air influencés par le fonctionnement intermittent de ses deux moteurs : le vent et le tirage thermique.

Néanmoins, dans le cadre d'une conception des espaces ventilés naturellement, le retour positif sur le confort thermique des usagers ainsi que la réduction des coûts de consommation et de maintenance encouragent son intégration dans la pratique architecturale. Les occupants sont plus tolérants avec les températures extrêmes dans le cas de ce type de ventilation, la température optimale acceptée variant avec la température extérieure.<sup>13</sup>

*"Ce type de ventilation non bruyante ne nécessite aucune consommation électrique et ne demande que peu d'entretien. En revanche, tributaires de la météo, le vent et le tirage thermique n'offrent pas un renouvellement d'air maîtrisé ni suffisant toute l'année".<sup>14</sup>*

Toute stratégie de ventilation naturelle d'un projet architecturale est hautement dépendante de son contexte climatique. Ainsi, il s'agit de faire un état de lieu de ces contraintes.

## **I.2. Analyse de conditions climatiques**

Dans ce chapitre, nous parlerons des différentes données qui permettent de décrire avec précisions la nature du contexte climatique d'un projet en milieu urbain. Dans le cadre de l'analyse d'un site, Alain Bornarel propose une division des critères en 8 trames : servante, circulante, ambiante, climatique, bleu, verte, habitée, souche.

Nous allons traiter ici la trame ambiante qui prends en compte le bruit, la pollution, la qualité des ambiances, la santé et la trame climatique avec le vent, le soleil, les effets d'îlot de chaleur urbaine.

Pour réduire le champ d'analyse, nous allons nous intéresser à celles liées au contexte urbain et à la manière de les intégrer dans le processus de conception architecturale des bâtiments ventilés naturellement dès les premières phases.

### **I.2.a). Données météorologiques**

Les données climatiques impactent l'évolution des flux d'air à travers les paramètres suivants : température et humidité de l'air, intensité du rayonnement direct et diffus du soleil en régime journalier, vitesse et direction du vent.

En consultant les fichiers météorologiques nous pouvons retrouver toutes les données relatives au climat.

---

<sup>13</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, *march 2005*, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter The role of ventilation, Claude Alain Roulet, p.34

<sup>14</sup> [La ventilation naturelle – Ademe](#) accès le 21.10.2022



Les graphiques de température nous permettent de vérifier s'il y a des écarts importants entre le jour et la nuit. De la même façon, nous pouvons accéder aux informations sur les vents dominants dans la région en utilisant les roses de vent, ce qui nous permet d'avoir des informations sur la direction et les vitesses de l'air. Dans le contexte actuel de dérèglement climatique, il faut plutôt prendre en compte les prévisions de températures sur les années à venir, afin de s'assurer que nous ne créons pas des bâtiments obsolètes.

Or, dans les villes les flux d'air sont plus complexes, et les températures de l'air impactées par des différents phénomènes encourus comme les îlots de chaleur urbain. Le microclimat<sup>15</sup> nécessite des études spécifiques pour comprendre l'impact du tissu urbain sur les flux d'air : les variations de géométrie et de topographies créent des irrégularités dans ses débits et des variations de températures.

*“Les données de fiches sont mesurées en station météorologique située en terrain dégagé et ne correspondent pas à la réalité des fluctuations climatiques en milieu urbain. En effet, nous savons aujourd'hui que les tissus urbains modifient le climat dominant pour donner le microclimat urbain : les vitesses de vent sont réduites dû à la rugosité du tissu urbain, la pollution modifie la transparence de l'atmosphère induisant un effet de serre, les surfaces ont un albedo réduit qui favorise le développement des îlots de chaleur urbaine”.*<sup>16</sup>

Nous cherchons donc à déterminer les paramètres d'un microclimat urbain pour les intégrer dans notre conception.

### **I.2.b) Le mouvement du vent dans le microclimat**

*“Dans la plupart de cas les bâtiments sont conçus pour protéger leurs occupants de l'environnement extérieur (températures extrêmes, vent, pluie, bruits, radiations) ; et créer en conséquence un environnement intérieur de bonne qualité.”*<sup>17</sup>

Comme évoqué au début du chapitre, le milieu urbain impose des contraintes plus importantes pour la ventilation naturelle, des vitesses de vent moindres, des températures élevées dû à l'effet de l'îlot de chaleur urbaine, bruits et pollution.

---

<sup>15</sup> Ensemble des phénomènes atmosphériques spécifiques à une très petite zone géographique dictionnaire Larousse

<sup>16</sup> Mansouri Yasmine, Conception des enveloppes de bâtiments pour le renouvellement d'air par ventilation naturelle en climats tempérés Proposition d'une méthodologie de conception, Ecole d'architecture de Nantes, thèse de doctorat, 2003, p. 26

<sup>17</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, march 2005, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter The role of ventilation, Claude Alain Roulet, p. 22

Dans la conception traditionnelle d'un bâtiment, l'architecte intègre le soleil comme élément générateur à travers ses études dans la création des espaces : " l'architecture est le jeu savant correct et magnifique des volumes sous la lumière."<sup>18</sup>

Le mouvement du vent est plus difficilement quantifiable donc moins bien maîtrisé et les architectes l'ont défini pendant longtemps comme élément perturbateur, contre lequel il faut se protéger. Or pour arriver à l'intégrer dans la conception du bâtiment, nous devons comprendre et quantifier les interactions des flux d'air avec l'enveloppe architecturale et sa structure interne. Les acteurs du bâtiment doivent acquérir ce savoir-faire.

Une limitation de l'usage de la ventilation naturelle diurne et nocturne dans le milieu urbain est liée aux vitesses de vent réduites dans le canyon. Les variations de topographies et de géométries réduites créent des courants d'air irréguliers, des turbulences. L'air qui circule depuis le milieu rural doit s'adapter aux nouvelles limites imposées par la ville. Les mouvements d'air varient avec l'altitude et ils peuvent être partagés en deux typologies : le vent à l'intérieur du canyon entre le niveau de la rue et la toiture (UCL), et le vent au-dessus de toitures. Pour analyser les flux d'air au niveau du canyon nous devrions prendre en compte les emprises des avoisinants, masques naturel et bâti, urbanisation, tout élément permettant de définir la rugosité et la morphologie du site. Les paramètres qui influencent les flux d'air dans le canyon sont la hauteur(H) des bâtiments, leurs morphologies (balcons en saillie etc), la largeur(l) et la longueur(L) de la rue, l'angle d'incidence du vent : oblique, parallèle ou perpendiculaire sur la rue, la présence des obstacles : végétation, trafic...

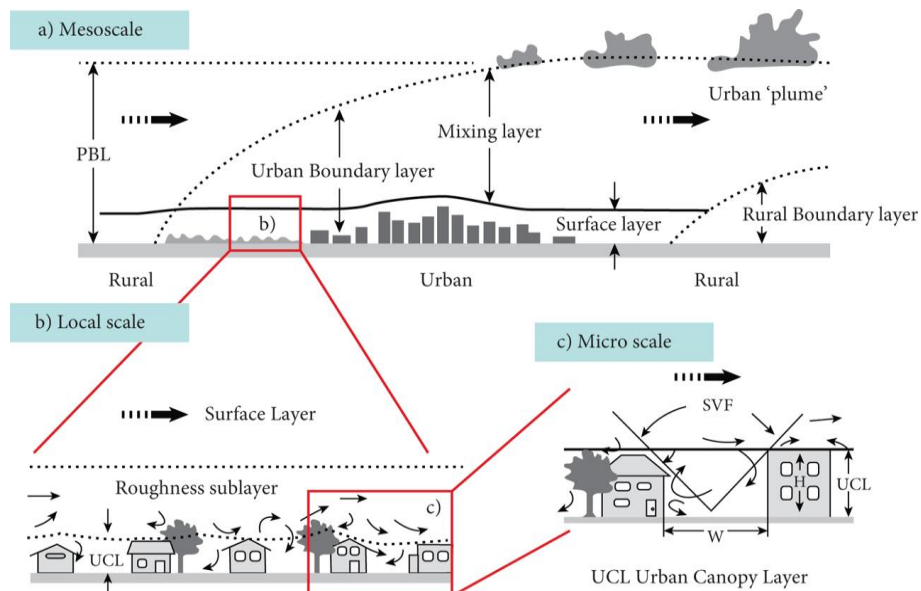


Fig.3 Adaptations de flux d'air à la rugosité de la ville <sup>19</sup>

<sup>18</sup>Le Corbusier

<sup>19</sup> B.V. Hove, C. Jacobs, G.V. Steneveld, B. Heusinkveld, Exploring the urban heat island intensity of dutch cities, april 2011, p.14

Dans le cadre du projet URBVENT<sup>20</sup>, un groupe d'ingénieurs ont analysé le potentiel de la ventilation naturelle dans 10 villes en Grèce. A travers des calculs mathématiques et des mesures faites sur site, ils ont cherché à définir des modèles empiriques pour exprimer la relation entre les deux flux de l'air : la vitesse de l'air dans le canyon (UCL) et celle au-dessous des toits.

Afin de simplifier le modèle, ils ont considéré le même ratio(H/l) pour le profil de la rue et ils ont analysé le comportement du vent dans les trois cas d'angles d'incidence.

Dans le cas d'un vent perpendiculaire ayant une vitesse de 2m/s, si le ratio H/l qui caractérise la rue est supérieur à 1.5, il y a un vortex vertical stable et puissant qui se crée à cause des forces de sillage au niveau de la toiture, conforme schéma ci-dessus :

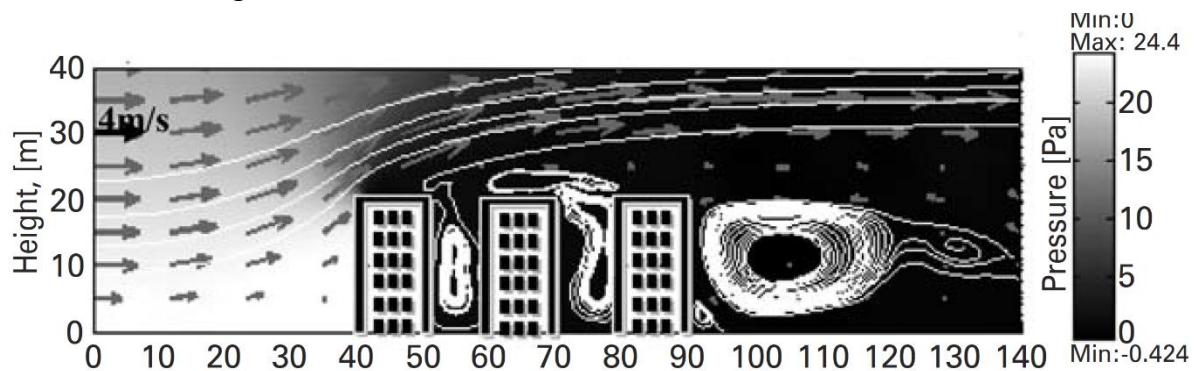


Fig. La vitesse du vent et la pression induite sont réduite en milieu urbain <sup>21</sup>

Si le ratio est supérieur à 2, il y a plusieurs vortex qui se créent, en perdant de l'intensité dans leur descente. Ils sont instables et difficile à exploiter.

Pour des vitesses plus importantes(5m/s) il y a une équation linéaire qui décrit la relation entre les deux vitesses. ( $U_c = c_t \times U$ ), que nous pouvons intégrer pour calculer la pression du vent exercée sur la façade. ( $P = 0,613 \times U_c^2$ )<sup>22</sup>.

Pour le vent ayant un angle oblique, il y a moins de calculs et d'expériences effectués. A travers les mesures, ils ont trouvé que la vitesse de l'air du vortex vertical dans le canyon (ayant une vitesse initiale de 4m/s) représente 10% de la vitesse initiale (soit 0.4 m/s)<sup>23</sup>.

Dans le cas d'un vent parallèle avec le canyon, il n'y a pas de vortex vertical qui se crée. Les deux flux parallèles créent un vent avec la vitesse initiale(U) qui va être réduite par les frictions avec les différentes surfaces dans le canyon. (Murs, balcons en saillie de bâtiments, arbres, voitures etc)

<sup>20</sup> Projet européen intégrant sept pays visant à réduire la consommation d'énergie primaire (et par conséquent les émissions de CO2) [NatVent \(bre.co.uk\)](http://NatVent.bre.co.uk)

<sup>21</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, *march 2005*, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter 11, Natural ventilation in high density cities, p. 145

<sup>22</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, *march 2005*, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter 11, Natural ventilation in high density cities, p. 145

<sup>23</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, *march 2005*, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter 11, Natural ventilation in high density cities, p. 147

Ces données expérimentales ont été utilisées pour définir les deux modèles empiriques (vent oblique/perpendiculaire et vent parallèle) pour décrire le comportement d'un vent qui à l'extérieur du canyon a une vitesse entre à 0.5m/s et 4m/s.

Wind speed outside the canyon ( $U$ )	Wind speed inside the canyon		
	near the windward façade of the canyon		near the upwind façade
	at the lowest part	at the highest part	
$0 < U < 1$	0.4 m/s	0.7 m/s	0.4 m/s
$1 < U < 2$	0.4 m/s	1.3 m/s	0.4 m/s
$2 < U < 3$	0.6 m/s	1.5 m/s	0.6 m/s
$3 < U < 4$	0.7 m/s	3 m/s	0.7 m/s

Tableau 1. Valeur pour les vitesses de l'air à l'intérieur du canyon, ayant un vent oblique<sup>24</sup>

Wind speed outside canyon ( $U$ )	Wind speed inside canyon	Typical values in the canyon	
		lowest part	highest part
$0 < U < 1$	0.3m/s–0.7 m/s	0.3 m/s	0.7 m/s
$1 < U < 2$	0.4m/s–1.3 m/s	0.4 m/s	1.3 m/s
$2 < U < 3$	0.4m/s–1.5 m/s	0.4 m/s	1.5 m/s
$3 < U < 4$	0.4m/s–2.2 m/s	0.4 m/s	2.2 m/s

Tableau 1. Valeur pour les vitesses de l'air à l'intérieur du canyon, ayant un vent parallèle<sup>25</sup>

Nous nous rendons compte que dans les milieux urbains denses, nous avons des vents d'une faible intensité. Or pour que la ventilation naturelle soit envisageable, nous devons avoir des vitesses supérieures à 0.5m/s, (idéalement 2m/s) à l'intérieur du canyon. Comme nous pouvons observer dans les deux tableaux ci-dessus, il y a des différences considérables entre la vitesse du vent en partie basse (mesuré à 0,06xH) et en partie supérieure (mesurée à 1.2xH). En prenant cette différence en compte, il apparait a priori que l'usage de dispositifs comme les tours à vent soit la solution pour capter des vitesses plus importantes. Cette stratégie sera explicitée dans les études de cas.

En fonction de l'angle du vent, il y a des écarts plus ou moins importants entre les façades mises en pression et celles en dépression. Ce paramètre va être pris en compte lorsque nous allons définir les directions des entrées d'air dans un projet

Des études de vent en soufflerie sont réalisées pour analyser l'impact des différences de hauteur entre les bâtiments et du nombre des espaces vides dans le tissu urbain. Une configuration réfléchiée des espaces vides pour permettre l'écoulement libre de flux d'air est la

<sup>24</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, *march 2005*, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter 11, Natural ventilation in high density cities, p. 147

<sup>25</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, *march 2005*, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter 11, Natural ventilation in high density cities, p. 147

solution pour améliorer les vitesses de vent de 15 à 20%<sup>26</sup>. Les différences de hauteur dans les bâtiments qui forment la silhouette de la ville n'ont pas un impact réel.<sup>27</sup>

Actuellement, dans la conception des villes nous intégrons les études thermo-aéraulique (simulation CFD) pour déterminer l'orientation de la trame viaire, la distribution des espaces construits et du vide etc.

### II.2.c) Le soleil et les îlots de chaleur urbaine

*“Les îlots de chaleur urbains (ICU en abrégé) sont des élévations localisées des températures, particulièrement des températures maximales diurnes et nocturnes, enregistrées en milieu urbain par rapport aux zones rurales ou forestières voisines ou par rapport aux températures moyennes régionales”.*<sup>28</sup>

*“Ses effets augmentent avec la taille de la ville. La distribution de la chaleur à l'intérieur du canyon dépend du bilan radiatif et de la vitesse du vent présent dans la canopée.”*<sup>29</sup>.(voir diagramme ci-dessous)

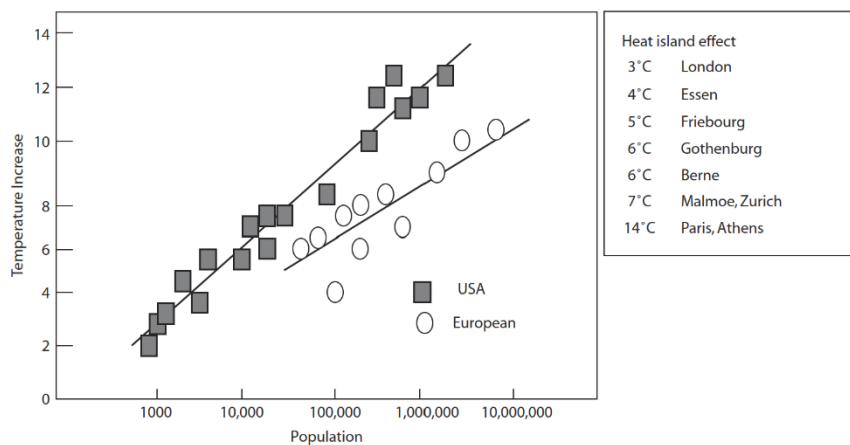


Fig. Ecart de température entre les zones rurales et urbaines en US et Europe <sup>30</sup>

Les rayons solaires entrent dans le canyon et une partie est réfléchi tandis que l'autre absorbée dans les surfaces urbaines. Le rapport du flux d'énergie lumineuse réfléchi au flux d'énergie lumineuse incidente est appelé albedo, c'est-à-dire le pouvoir réfléchissant d'une surface. Ce paramètre est spécifique à chaque type de matériaux. Le rayonnement réfléchi

<sup>26</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, march 2005, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter 11, Natural ventilation in high density cities, p. 148

<sup>28</sup> Charabi Y. , *L'îlot de chaleur urbain de la métropole lilloise : mesures et spatialisation*. Thèse de doctorat, Université de Lille, 2000, p.247

<sup>29</sup> Francis Allard, Christian Ghiaus'' Natural ventilation in high density cities'',2010, page 148

<sup>30</sup> Francis Allard, Christian Ghiaus'' Natural ventilation in high density cities'',2010, page 148

dépend de la nature des matériaux existants dans le milieu urbain ainsi que de la géométrie de la rue. (le ratio hauteur bâtiments/largeur de la rue)

*“Le matin (entre 4 et 9 h), le rayonnement est plus important aux niveaux supérieurs. Ceci est dû au fait que les parties hautes du canyon sont éclairées en premier, donc réfléchissent une plus grande quantité d’énergie que les parties basses, qui sont encore à l’ombre. Au milieu de la journée (de 9 à 14 h), alors que le fond du canyon est entièrement éclairé par le soleil, cette tendance s’inverse : le rayonnement réfléchi est plus fort aux niveaux inférieurs qu’aux niveaux supérieurs.”<sup>31</sup>*

L’utilisation de matériaux à albédo élevé réduit la quantité de rayonnement solaire absorbé dans les enveloppes des bâtiments et dans les autres surfaces urbaines et garde leurs surfaces plus fraîches. Les températures de surface plus basses diminuent la température de l’air ambiant à cause d’une intensité plus faible de la convection. <sup>32</sup>

Dans le cadre du projet Urbvent, un groupe d’ingénieurs a mesuré les températures dans les canyons de dix villes grecques. Un écart d’environ 3,5 °C a été observée entre les températures de l’air enregistrées à l’intérieur du canyon et celles extérieures<sup>33</sup>. Cette différence peut être dû à l’orientation de la rue et son profil, ce qui permet d’avoir beaucoup d’heures avec de l’ombre dans le canyon et en même temps une très bonne circulation de l’air à l’intérieur en raison du ratio de la rue ( $H/l = 3,3$ ).

Des écarts entre 10 et 15° en fonction de l’orientation et du ratio du canyon, ont été constatés entre le niveau de la rue et celui des toitures.

Pour diminuer l’effet de chaleur urbaine et pour éviter de refroidir l’air neuf qui entre à l’intérieur du bâtiment, l’architecte a une marge de manœuvre restreinte comme le choix des matériaux avec un albédo important pour le bâtiment et les aménagements sur la parcelle. Pour avoir un impact réel, les modifications doivent être faites à l’échelle urbaine : l’orientation de rues par rapport au vent et le soleil, la présence de la végétation, le choix des matériaux émissifs. Si ces éléments ne sont pas suffisants, des systèmes avec une récupération de chaleur peuvent être mis en place pour refroidir/chauffer l’air.

---

<sup>31</sup> G. Najjar, P.P. Kastendeuch, N. Ringenbach, J.R. Collin, M.P. Stoll, F. Nerry, J. Bernard, A. De Hatten, R. Luhahe, D. Viville, *Bilan radiatif et d’énergie dans un canyon urbain*, Climatologie volume 2, page 7  
DOI:[10.4267/climatologie.864](https://doi.org/10.4267/climatologie.864)

<sup>32</sup> Francis Allard, Christian Ghiaus “Natural ventilation in high density cities”, 2010, page 148

<sup>33</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, *march 2005*, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter Wind and temperature in the urban environment, p. 100

## II.2.d) Nuisances sonores

Un niveau de nuisance sonore élevé est souvent l'argument pour climatiser les commerces et les bureaux. En effet, les solutions de ventilation naturelle peuvent entraîner des problèmes de qualité acoustique et les nuisances sonores deviennent un de facteur décisif dans les arbitrages, "comme les sons se propagent dans l'air, la ventilation et l'acoustique sont toujours à considérer ensemble".<sup>34</sup>

Dans la conception, il est très important d'une part de comprendre les variations des nuisances sonores dans le canyon, en fonction du profil de la rue et de la géométrie des bâtiments, et de l'autre de définir des objectifs à atteindre pour les usagers : le niveau de décibels accepté en gardant les fenêtres ouvertes. Les études ont montré que les usagers sont plus tolérants au bruit s'il provient d'une fenêtre ouverte (10-15 db en plus)<sup>35</sup>

La principale source de bruit en milieu urbain étant le trafic, il est important de comprendre comment cela impacte les espaces intérieurs au niveau du canyon : il participe en tant que source directe, mais aussi à travers la réverbération qui se crée entre les façades. La géométrie et les types de matériaux utilisés pour les enveloppes ont une incidence sur la propagation du son. Par exemple, les balcons au 1<sup>er</sup> étage réduisent de 2db le bruit par rapport au RDC.<sup>36</sup>

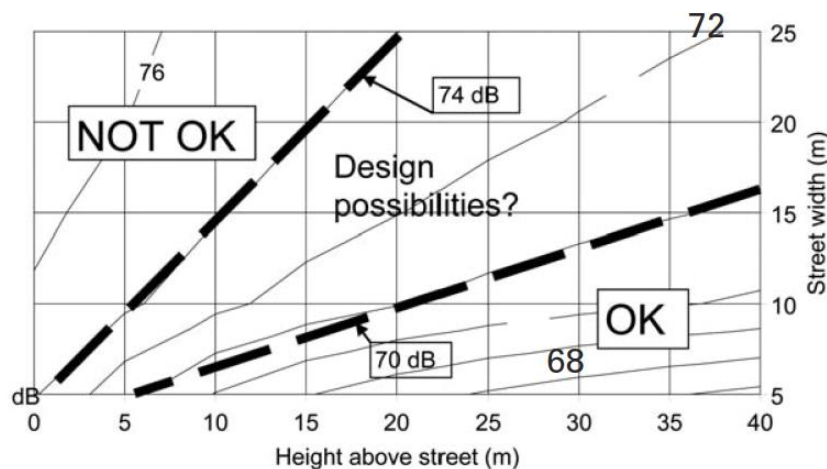


Diagramme montrant la corrélation niveau de bruit/ largeur rue/ hauteur<sup>37</sup>

Comme montré dans le diagramme ci-dessous, les espaces situés au RDC des bâtiments sont très exposés aux nuisances sonores créés par le trafic.

<sup>34</sup> Guide bio tech, Ventilation naturelle et mécanique, Arène en partenariat avec ICEB, 1<sup>er</sup> trim 2012, p. 4

<sup>35</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, march 2005, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter Noise Level and Natural Ventilation Potential in Street Canyons, p. 121

<sup>36</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, march 2005, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter Noise Level and Natural ventilation potential in street canyons, p. 119

<sup>37</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, march 2005, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter Noise Level and Natural ventilation potential in street canyons, p. 121

Plus la rue est large, les flux et la vitesse des voitures augmentent, impactant de manière linéaire l'intensité des nuisances sonores. Les mesures prises sur site doivent être faites de jour et de nuit afin de déterminer des stratégies différenciées de ventilation.

Même si l'acoustique constitue en effet une problématique dans la conception de la ventilation naturelle, nous allons voir dans nos études de cas que des solutions sont possibles.

## II.2.e) La pollution de l'air extérieur. Transfert des particules et la qualité de l'air intérieur

La pollution extérieure est une contrainte importante dans l'usage de la ventilation naturelle en milieu urbain. Elle représente un mix des particules et des gaz émis par une variété de sources naturelles ou liés à l'activité humaine. Il y a deux catégories principales de polluantes : les particules fines ( $PM_{2.5}$ ) qui proviennent des activités industrielles, des voitures, de la production et de l'usage des énergies ainsi que le dioxyde de nitrogène ( $NO_2$ ) qui est un polluant gazeux directement lié au trafic automobile intensif.

Comme on peut le voir dans les diagrammes ci-dessous, il y a une liaison entre le niveau de pollution et l'état de développement économique des villes. Pour les villes les plus développées, il y a des mesures mises en place pour améliorer la qualité de l'air. On peut citer en exemple sortir l'industrie en dehors de villes, interdire les voitures très polluantes, prévoir des filtres puissants etc. Le travail pour améliorer la quantité de l'air extérieur est fait en développant des interventions sur le contrôle du trafic. L'initiative de la zone ultra-low à Londres a réussi à réduire de 36% ses émissions  $NO_2$ , six mois après son lancement en 2019.<sup>38</sup>

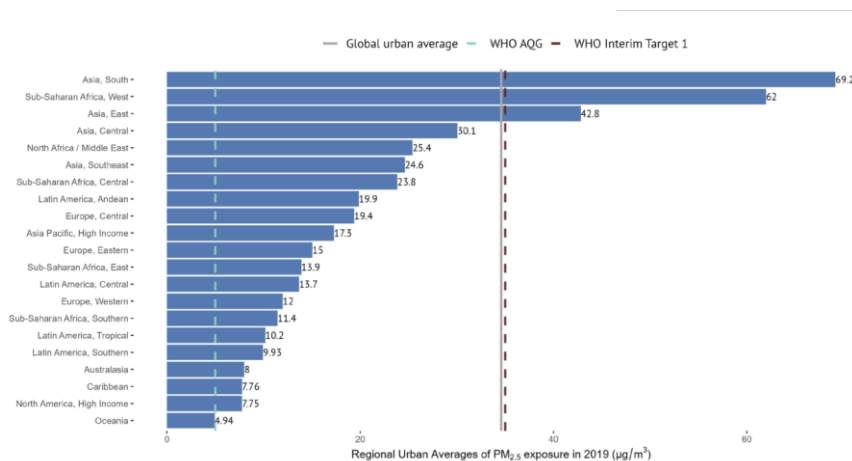


Diagramme de distribution de particules  $PM_{2.5}$  par continent<sup>39</sup>

<sup>38</sup> Air quality and health in cities, a state of global report in cities, 2022, rédigé par Health Effects Institute et Institute for Health Metrics and Evaluation's Global Burden of Disease project, p 11 [2022-soga-cities-report.pdf \(stateofglobalair.org\)](#).

<sup>39</sup> Air quality and health in cities, a state of global report in cities, 2022, rédigé par Health Effects Institute et Institute for Health Metrics and Evaluation's Global Burden of Disease project, p 11 [2022-soga-cities-report.pdf \(stateofglobalair.org\)](#).



En regardant les statistiques à l'échelle mondiale, il y a peu de zones qui respectent le taux de 5 µg/m<sup>3</sup> établi par le OMS en 2019 dans leur guide de la qualité de l'air.

Néanmoins, nous avons développé des filtres spécialisés pour les particules fines qui sont compatibles avec les systèmes de ventilation.

Pour les polluants gazeux, il y a besoin de filtres spéciaux qui ne sont pas encore compatibles avec le système de ventilation naturelle. Le développement évolue dans le bon sens, pour les tunnels où le taux de dioxyde de nitrogène est très élevé, des filtres très efficaces sont utilisés.

Ce détail est d'autant plus important en sachant que dans la plupart des villes d'Europe avec plus de 500,000 habitants le taux de NO<sub>2</sub> est supérieur aux limites définies par les standards européens au moins une fois dans l'année.<sup>40</sup>

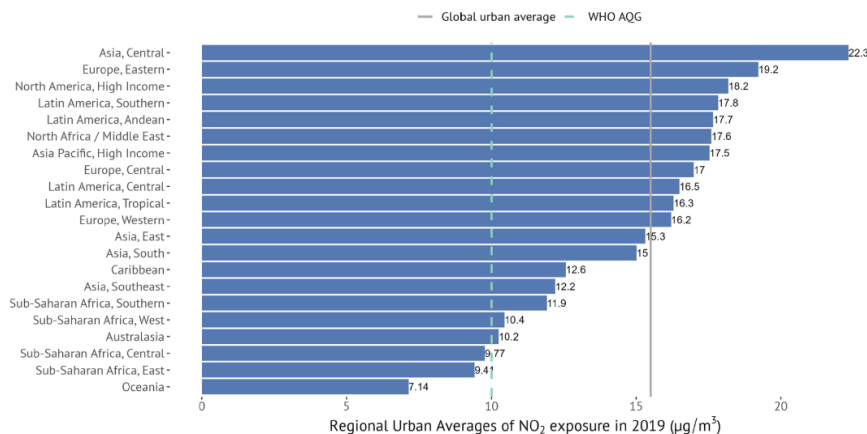


Diagramme de distribution de particules NO<sub>2</sub> par continent<sup>41</sup>

Dans le cadre d'un bâtiment, son enveloppe a la fonction du transfert d'air entre l'extérieur et l'intérieur. Le niveau de perméabilité d'une façade définit la quantité de l'air passant à travers les différents éléments, conçus ou pas dans ce but. Nous nous intéressons aux différents types de polluants que nous devons filtrer dans la composition de l'air neuf qui est ramené dans le bâtiment.

Pour avoir une vision globale et définir une stratégie, dans l'analyse de la pollution d'air extérieur il faut prendre en compte les différences entre le jour et la nuit, entre l'hiver et l'été. Comme déjà précisé précédemment, les flux d'air à l'intérieur du canyon ont un impact direct sur le niveau de pollution. Les vortex créés au niveau du canyon peuvent diluer la quantité des polluants.

<sup>40</sup> Air quality and health in cities, a state of global report in cities, 2022, rédigé par Health Effects Institute et Institute for Health Metrics and Evaluation's Global Burden of Disease project, p 7 [2022-soga-cities-report.pdf \(stateofglobalair.org\)](https://www.stateofglobalair.org/2022-soga-cities-report.pdf).

<sup>41</sup> Air quality and health in cities, a state of global report in cities, 2022, rédigé par Health Effects Institute et Institute for Health Metrics and Evaluation's Global Burden of Disease project, p 11 [2022-soga-cities-report.pdf \(stateofglobalair.org\)](https://www.stateofglobalair.org/2022-soga-cities-report.pdf).

## II. Etudes de cas

### II.1 Centre psychiatrique Canning Crescent

#### II.1.a) Description du projet

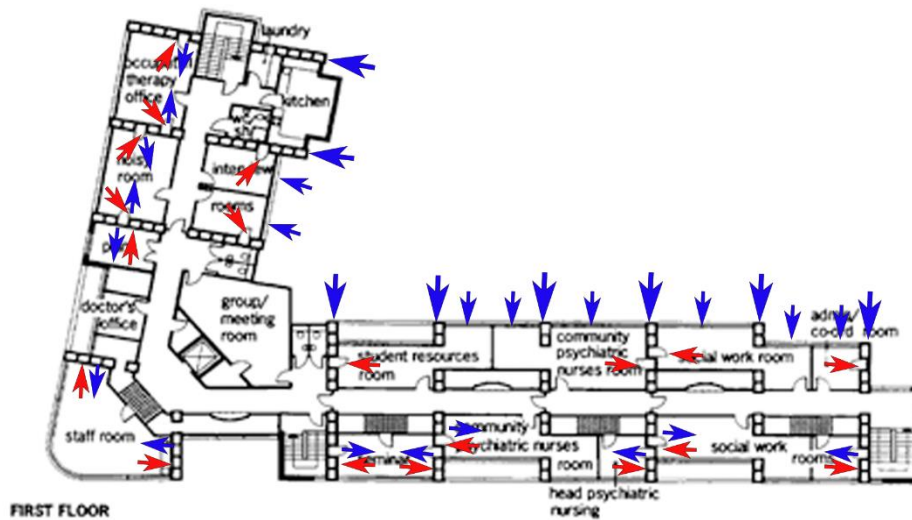
Le centre psychiatrique Canning Crescent à Londres a été conçu par les architectes MacCormac Jamieson, Prichard, et l'équipe d'ingénieurs anglaise Atelier One. La construction a été finalisée en 1994, avec un budget serré de £1.3 million pour une surface brute de plancher de 1350 m<sup>2</sup>. Le bâtiment est situé dans le quartier de Canning, dans une zone industrielle dense de Londres.



La rue principale qui borde le site coté sud-ouest est une rue commerçante animée de Wood Green, une zone urbaine où la pollution de l'air et les niveaux de bruit sont élevés. Le côté nord-est fait face à une cour-jardin protégée qui est aussi utilisée comme parking.

Le bâtiment en forme de L est développé sur deux étages. Il crée une barrière de protection pour le jardin dans le fond de la parcelle. L'édifice est organisé autour d'une circulation centrale, avec des locaux disposés de chaque côté et des escaliers placés côté rue avec des nuisances sonores élevées.

En termes de répartition du programme, les cabinets de consultation et de thérapie sont disposés côté rue High Street. Les cabinets sont séparés par des conduits verticaux en brique, percés au droit des circulations et des accès qui se finissent en partie haute par des dispositifs type tour à vent.



Plan RDC indiquant la position des entrées d'air et extractions<sup>42</sup>

L'architecte a créé un bâtiment à haute masse thermique composé d'une ossature en acier avec des murs en briques apparentes et un plafond en béton au rez-de-chaussée. Les fenêtres sont dimensionnées pour assurer un bon niveau d'éclairage tout en limitant les pertitions des charges en période hivernale.



Façade rue High Street<sup>43</sup>

<sup>42</sup> <https://mjparchitects.co.uk/> accès le 8.10.2022

<sup>43</sup> <https://mjparchitects.co.uk/> accès le 8.10.2022

## Données climatiques du site

Le vent prédominant souffle depuis le Sud-Ouest vers le Nord-Est avec une vitesse moyenne de 14km/h. <sup>44</sup> Cette direction coïncide avec l'orientation du jardin qui a une exposition Sud- Sud-Ouest.

Les températures en hiver se situent entre 2 et 8° dans les mois les plus froids, en pouvant descendre jusqu'à -2°C. En été les températures peuvent monter jusqu'à 30°. Nous observons un écart moyen de 10° entre les températures diurnes et nocturnes.

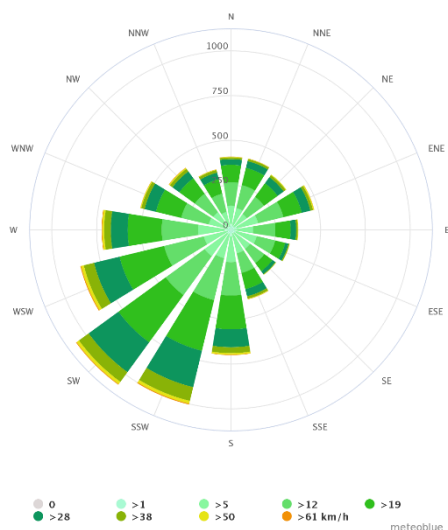


Diagramme rose de vent <sup>45</sup>

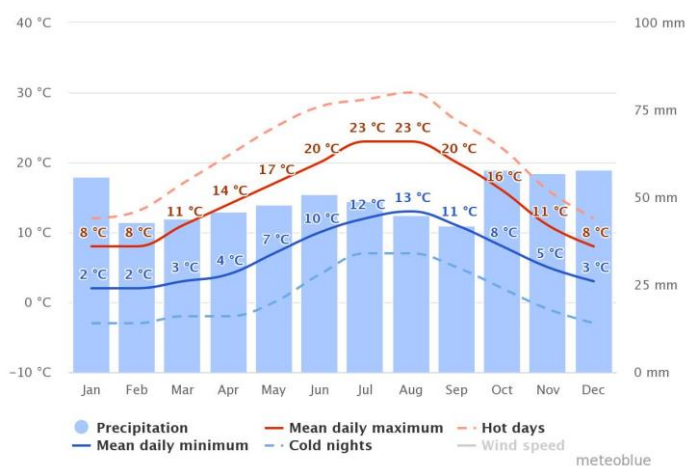


Diagramme de températures et précipitations <sup>46</sup>

### II.1.b) Stratégie de ventilation

La stratégie de ventilation se base sur les trois enjeux principaux : **économique**, le budget étant relativement serré, **programmatique**, pour garantir la confidentialité des patients et **environnemental** puisque la gestion des nuisances sonores et pollution présents sur le site.

La contrainte budgétaire a amené à la décision de ne pas inclure de climatisation et la stratégie de confort d'été a été entièrement basée sur le free-cooling.

D'un point vu du programme, afin d'assurer la confidentialité docteur/patients, la ventilation qui consiste à ouvrir les fenêtres côté rue n'est pas envisageable. De plus, le site étant situé dans une zone bruyante, la contrainte acoustique joue un rôle très important dans la conception.

Comme souligné dans l'analyse de données climatiques, les directions dominantes du vent sont le sud et le sud-ouest, ce qui met en valeur les multiples usages que nous pouvons

<sup>44</sup> [Weather London - meteoblue](#), accès le 12.11.2022

<sup>45</sup> [Weather London - meteoblue](#), accès le 12.11.2022

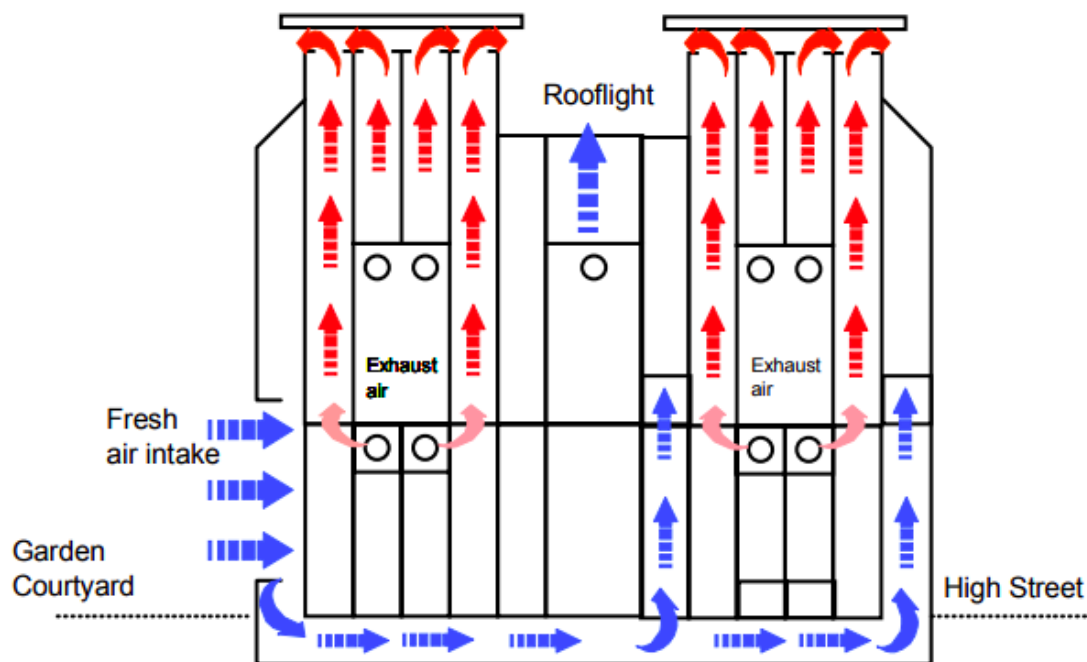
<sup>46</sup> [Weather London - meteoblue](#), accès le 12.11.2022

donner à cette cour. De plus le bâtiment crée un écran acoustique qui protège le jardin. La pollution de l'air extérieur est-elle aussi diminuée par le vent et par la barrière créée par le bâtiment par rapport au gaz émis par les moteurs de voitures.

Le système mis en place est type conduit/conduit. Il est composé d'un conduit d'entrée vertical qui permet de capter l'air. Cette gaine d'amenée d'air est connectée à un conduit horizontal qui distribue l'air vers les différents locaux. L'extraction s'effectue par des conduits verticaux intégrés dans les tours, au niveau de chaque local.

L'architecte a utilisé les deux moteurs de la ventilation naturelle afin de créer des stratégies mixtes : tour à vent, avec tirage thermique et cheminée solaire pour les bureaux côté rue en aménageant d'air et extractions, et pour les bureaux côté cour les entrées d'air sont intégrées dans les châssis de façades à travers des grilles.

Pour assurer le bon fonctionnement pendant l'année, les concepteurs ont ajouté une assistance mécanique<sup>47</sup> à l'intérieur des tours qui prend le relais quand les deux moteurs naturels n'atteignent pas les objectifs de fonctionnement.



Coupe de principe montrant les différentes stratégies de ventilation<sup>48</sup>

<sup>47</sup>NatVent 211\_gb2.pdf (bre.co.uk)

<sup>48</sup> NatVent, Detailed Monitoring Report Canning Crescent Centre (GB2), Vina Kukadia, James Pike, Martin White

## Tour à vent avec cheminée solaire

Les conduits verticaux qui séparent le bâtiment intègrent une stratégie de ventilation mixte qui utilise le vent, le tirage thermique et l'effet de cheminée solaire afin de garantir un bon fonctionnement pendant l'année.

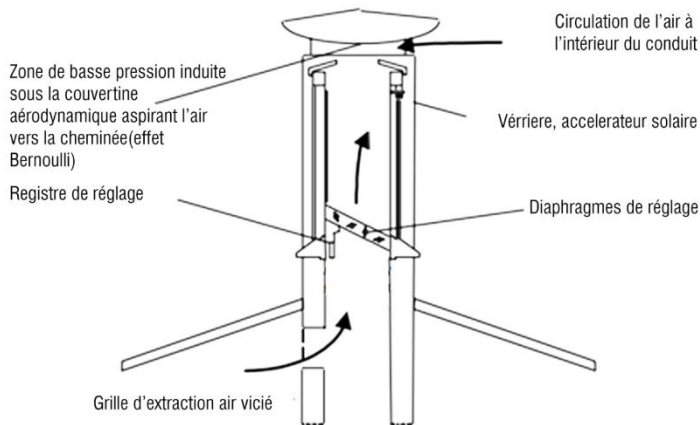


Schéma fonctionnement cheminée solaire<sup>49</sup>

Le tirage thermique fonctionne avec la convection naturelle, grâce à l'écart de température entre l'air intérieur et celle extérieur : à haute température, il est moins dense que l'air plus froid. Lorsque l'air chaud monte, il crée une différence de pression, avec une pression plus faible en dessous et une pression plus élevée au-dessus. Ce phénomène est connu sur le nom de la poussée d'Archimède. La formule mathématique qui définit cette force motrice est :

Les deux variables impactant la force de tirage sont la hauteur de la cheminée et l'écart de température. Dans le calcul de débits de l'air déplacé, il y a un troisième paramètre qui se rajoute : la surface du conduit de la cheminée. La section de cheminée doit être calculée en amont du projet pour pouvoir satisfaire les débits nécessaires.

$$\Delta P = C p h \left( \frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_i} \right)$$

où:

$\Delta P$  = différence de pression, en Pa

$C = 0.0342$

$p$  = pression absolue atmosphérique, en Pa, à corriger en fonction de l'altitude (-12Pa/m)

$h$  = hauteur ou distance, en m

$T_o$  = température extérieure, en K

$T_i$  = température intérieure, en K

<sup>49</sup> [211\\_gb2.pdf \(bre.co.uk\)](#)

$$Q = C S \sqrt{2 g h \frac{T_i - T_o}{T_i}}$$

où:

**Q** = débit d'air déplacé par tirage thermique, m<sup>3</sup>/s

**S** = surface du flux, m<sup>2</sup>

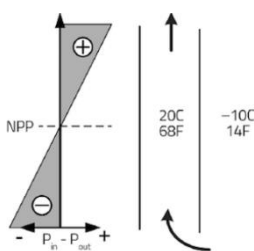
**C** = coefficient de décharge (ordinairement de 0,65 à 0,70)

**g** = accélération de la pesanteur, 9,81 m/s<sup>2</sup>

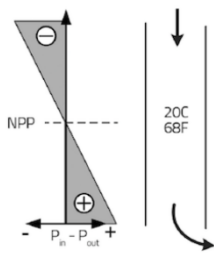
**h** = hauteur ou distance, m

**T<sub>o</sub>** = température extérieure, en K

**T<sub>i</sub>** = température intérieure, en K



Dans les bâtiments pendant l'hiver, la température de l'air intérieur augmente la pression au sommet du bâtiment, ce qui pousse l'air chaud vers le haut et aspire l'air froid vers le bas. La température de l'air plus froid commence à augmenter, continuant le cycle. Pendant la saison froide, il est important de régler les débits au minimum, pour satisfaire le besoin de ventilation hygiénique, tout en limitant les pertes des charges.



L'inverse se produit en été, lorsque l'air frais à l'intérieur a tendance à être expulsé vers le bas, ce qui crée une pression négative en haut de la cheminée, laissant entrer l'air chaud extérieur. En été, pendant la journée lorsque les températures extérieures sont plus importantes, il est nécessaire de prévoir une alternative/compensation pour le tirage thermique.

## Surventilation nocturne

Dans le cadre d'une stratégie de surventilation nocturne nous devons s'assurer d'une part que l'écart de température diurne/nocturne est suffisant, et de l'autre mettre en place des systèmes qui permettent d'augmenter le volume d'air/h dans un local, soit par l'ouverture des fenêtres, soit par le tirage thermique décrit précédemment et une masse inerte importante capable de stocker la fraîcheur nocturne.

Le free cooling est une technique de rafraîchissement passif des bâtiments. Elle utilise l'air extérieur lorsque sa température est inférieure à la température ambiante du bâtiment.<sup>50</sup> Afin d'utiliser l'air extérieur pour la ventilation nocturne, l'écart de température doit être important

<sup>50</sup> <https://www.guidebatimentdurable.brussels/> accès le 24 09 2022

(minimum 10°), avec une température moyenne et un taux d'humidité dans la zone de confort. "Le point de rosée<sup>51</sup> de l'air extérieur doit être inférieur à la température intérieure, sinon il y a des risques que l'humidité relative de l'air intérieur dépasse le 80%, en favorisant le développement des champignons ou d'autres problèmes liés aux vapeurs de l'eau condensé."<sup>52</sup>

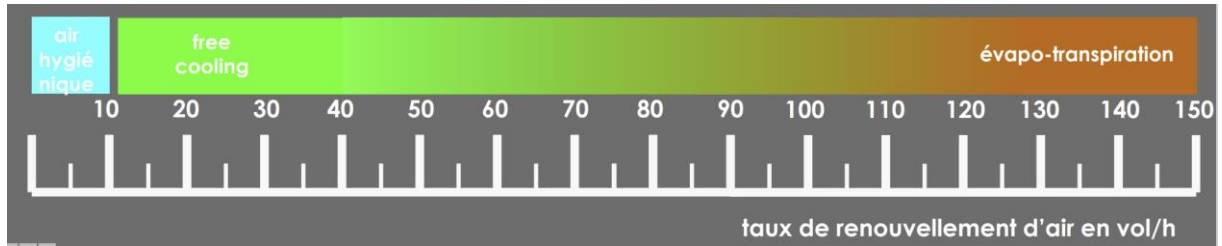


Diagramme taux de renouvellement d'air <sup>53</sup>

Ici, l'inertie est assurée par la structure du bâtiment : ossature en métal, remplissage en brique et le plafond en béton.



Photo circulation 1<sup>er</sup> étage avec puits de lumière<sup>54</sup>

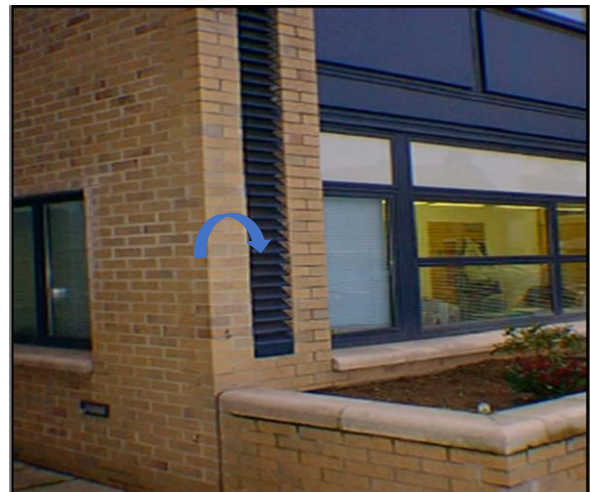


Photo grille d'air neuf cheminée côté cour<sup>55</sup>

Le système a été conçu pour un taux de renouvellement d'air pendant l'été de 6 vol/h et en hiver avec 2 volume/heure.<sup>56</sup> Ce taux réduit est nécessaire pour la ventilation hygiénique qui assure la santé des occupants en diluant les polluants métaboliques tels que le dioxyde de

<sup>51</sup> Le point de rosée ou température de rosée est la température sous laquelle de la rosée se dépose naturellement. Plus techniquement, en dessous de cette température qui dépend de la pression et de l'humidité ambiantes, la vapeur d'eau contenue dans l'air se condense sur les surfaces, par effet de saturation- René Vittone, *Bâtir : manuel de la construction.*, PPUR Presses polytechniques, 10 juin 2010, p. 103

<sup>52</sup> Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design, *march 2005*, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus, chapter 7 Strategies for natural ventilation, p. 152

<sup>53</sup> Cours Confort et santé, support Alain Bornarel, 2022

<sup>54</sup> [Wood Green Community Mental Health Centre – Atelier Ten](https://mjparchitects.co.uk/)

<sup>55</sup> <https://mjparchitects.co.uk/> accès le 8.10.2022

<sup>56</sup> NatVent, Detailed Monitoring Report Canning Crescent Centre (GB2), Vina Kukadia, James Pike, Martin White, p.6



carbone et les odeurs. Le chauffage est assuré par un système central à gaz qui fournit de la chaleur à travers de radiateurs à eau dont la température est réglée par un thermostat.

### Bureaux côté rue

La prise d'air neuf pour les bureaux orientés côté rue se fait à travers des grilles pare-pluie orientables intégrées dans chaque conduit vertical. L'air passe à travers la double dalle au RDC vers des grilles de soufflage situées en partie basse de chaque local. Cela permet à l'air neuf d'entrer à travers la grille en bois intégrée dans la partie basse de la porte et balayer le dioxyde de carbone et les autres contaminants les en remontent vers les exutoires à travers la grille en partie haute. L'air qui passe dans la double dalle est partiellement chauffé/refroidi par l'échange de température avec la dalle basse chauffée. Ce type de système permet de réduire l'impact des nuisances sonores dans la rue.

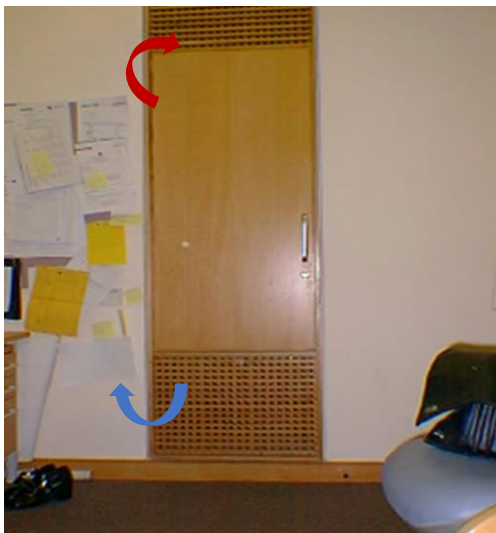


Fig. Bureaux côté rue : grille air neuf et reprise<sup>57</sup> Fig. Bureaux côté cour : grille de reprise et air neuf dans les châssis<sup>58</sup>

### Locaux côté cour

Les locaux donnant sur la cour sont ventilés directement à travers un dispositif de grilles autoréglables intégrées dans les châssis et par l'ouverture des fenêtres. Pour l'extraction, l'architecte a utilisé une série de cheminées verticales, délimitées par des murs diaphragmes qui permettent la circulation de l'air à l'intérieur du bâtiment. En fonction des conditions météorologiques, le renouvellement d'air utilise comme moteur naturel le vent ou le tirage thermique.

Au droit des façades des gaines dans chaque local, il y a une grille d'extraction en bois desservie par sa propre cheminée, conforme les deux photos ci-dessus. Pour contrôler les taux de renouvellement d'air par espace, des registres de débit d'air réglables ont été placés à

<sup>57</sup> [211\\_gb2.pdf \(bre.co.uk\)](#)

<sup>58</sup> [211\\_gb2.pdf \(bre.co.uk\)](#)

l'intérieur des cheminées. Les registres sont réglés de manière centralisée pour être entièrement ouverts en été afin de contribuer au refroidissement et sont presque fermés en hiver pour fournir des débits réduits. Un interrupteur de dérogation manuelle est installé dans chaque pièce pour permettre au registre d'être ouvert une heure pendant l'hiver : en cas de besoin, celle-ci permet l'augmentation de débits d'air pour éliminer les éventuels excès de chaleur.<sup>59</sup>

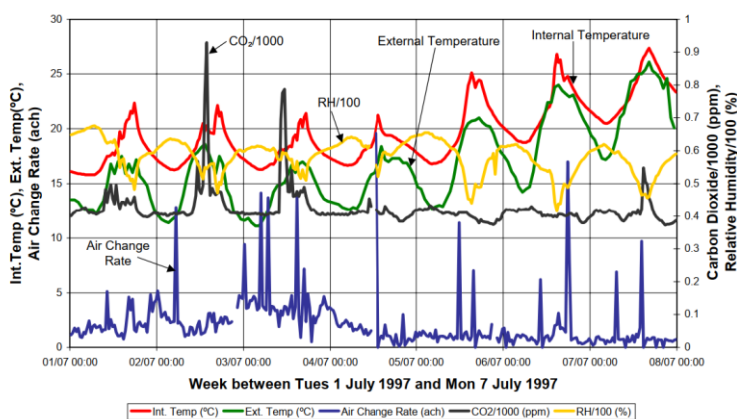
Les pales aérodynamiques situées au-dessus de chaque ouverture sont conçues pour introduire une « région de pression négative », quelle que soit la direction du vent au-dessus de la cheminée pour améliorer l'extraction de l'air « vicié » du bâtiment.

### II.1.c) Respect des objectifs du projet

Dans le cadre du projet européen Natvent, les ingénieurs ont mesuré le taux de ventilation, la température, l'humidité, CO<sub>2</sub>, et CO pendant un mois en 1997. Les espaces choisis sont des bureaux placés côté cour et coté rue, la circulation centrale et un point extérieur dans la cour.

#### Confort d'été

Les taux de ventilation en été sont insuffisants pour satisfaire le niveau nécessaire de rafraîchissement. Des investigations ont été faites pour comprendre les raisons : le contrôle du registre central n'a pas été maîtrisé, dû à une signalétique ambiguë : 0 pour ouvert et 100% pour fermé. L'accès au registre étant restreint, le diaphragme de réglage n'a pas été gardé ouvert pendant la nuit. Cela n'a pas permis de sur ventiler et d'évacuer la chaleur stockée dans la masse du bâtiment pendant la journée : la surchauffe est apparue et elle était visible dans le diagramme ci-dessous :

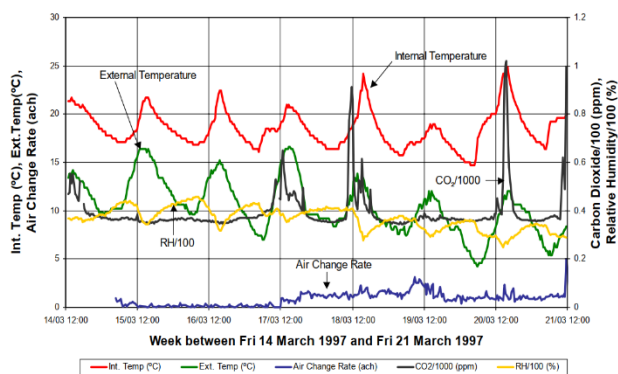


Malgré le fait que la cour a été transformée en parking de voitures, ce qui a augmenté le potentiel de pollution de l'air extérieur, les niveaux de CO et NO<sub>x</sub> mesurés à l'intérieur étaient dans les limites acceptables.

<sup>59</sup> NatVent Detailed Monitoring Report Canning Crescent Centre (GB2) Vina Kukadia, James Pike, Martin White, p.3

## Confort d'hiver

Le taux d'échange pour la ventilation hygiénique pendant l'hiver était mesuré à 1-2 volumes/h, équivalent à 8-12 l/s per personne<sup>60</sup> qui correspond au taux prévu dans le guide CIBSE.<sup>61</sup> Cela permettait de limiter les pertitions de charge dues au chauffage préalable de l'air neuf. Le taux d'humidité entre 40-60% respecte les limites décrites dans la réglementation anglaise<sup>62</sup>.



Measured gas	Measured mean concentrations	Recommended air quality guidelines		
		Expert Panel on Air Quality Standards	World Health Organisation	European Community
CO (ppm)	0.3 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup>	-
CO <sub>2</sub> (ppm)	400	-	-	-
NO (ppb)	22 <sup>2</sup>	-	-	-
NO <sub>2</sub> (ppb)	43 <sup>2</sup>	150 <sup>2</sup>	80 <sup>1</sup>	105 <sup>1</sup>
SO <sub>2</sub> (ppb)	2 <sup>2</sup>	100 <sup>3</sup>	122 <sup>2</sup>	94 <sup>2</sup>

1 8-hour mean  
2 1-hour mean  
3 15-min mean

Tableau présence particules fines dans l'air intérieur<sup>63</sup>

Concernant la qualité de l'air intérieur, comme déjà constaté pendant les mesures estivales, il n'y avait pas d'impact lié à la présence des voitures dans la cour.

## Vitesse de l'air

La moyenne de la vitesse d'air intérieur est autour de 0,1 m/s à 1 m du sol<sup>64</sup>. Les dimensions des grilles en bois sont identiques d'un local à l'autre, malgré les différences des surfaces et des configurations. Cela nous ramène à l'hypothèse qu'il n'y a pas eu un dimensionnement spécifique par local, mais plus dans la globalité du système.

<sup>60</sup> NatVent Detailed Monitoring Report Canning Crescent Centre (GB2) Vina Kukadia, James Pike, Martin White, p.6

<sup>61</sup> [Ventilation in Buildings - Top Tips | CIBSE](#) consulté le 9.11.2022

<sup>62</sup> [Ventilation in Buildings - Top Tips | CIBSE](#) consulté le 9.11.2022

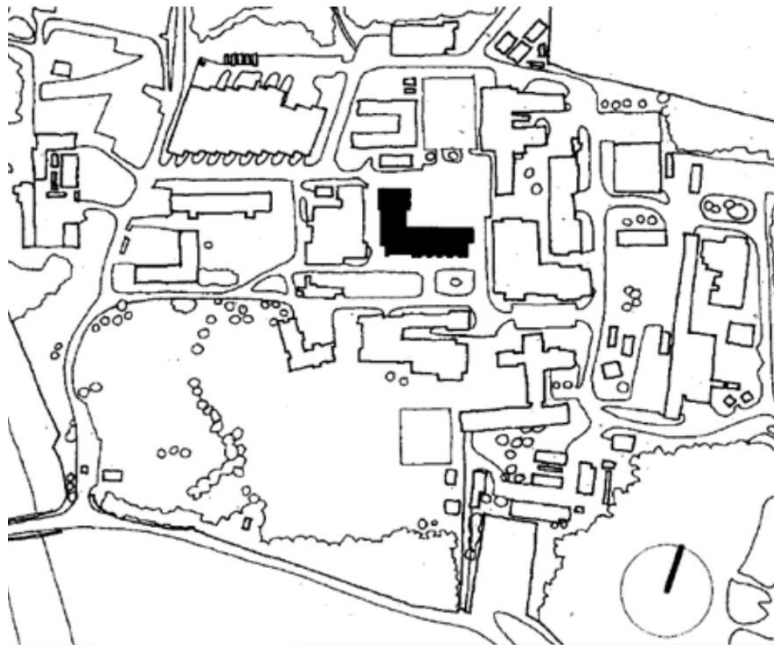
<sup>63</sup> NatVent Detailed Monitoring Report Canning Crescent Centre (GB2) Vina Kukadia, James Pike, Martin White, p.8

<sup>64</sup> NatVent Detailed Monitoring Report Canning Crescent Centre (GB2) Vina Kukadia, James Pike, Martin White, p.6

## II.2 Centre de recherche BRE à Londres

### II.2.a) Description du projet

Le centre BRE a été conçu par les architectes Fielden Clegg Design, le bureau d'étude fluides Max Fordham and Partners et le bureau d'étude structure Buro Happold en 1997. Il est situé à 30 km du centre de Londres, dans le quartier de recherche Watford, ayant une densité moyenne. Ce site appartenant à la banlieue londonienne est à moins de 100m d'une artère d'autoroute à 6 voies, mais cela n'a pas ajouté des contraintes supplémentaires en termes de pollution et bruit.



Plan de situation <sup>65</sup>

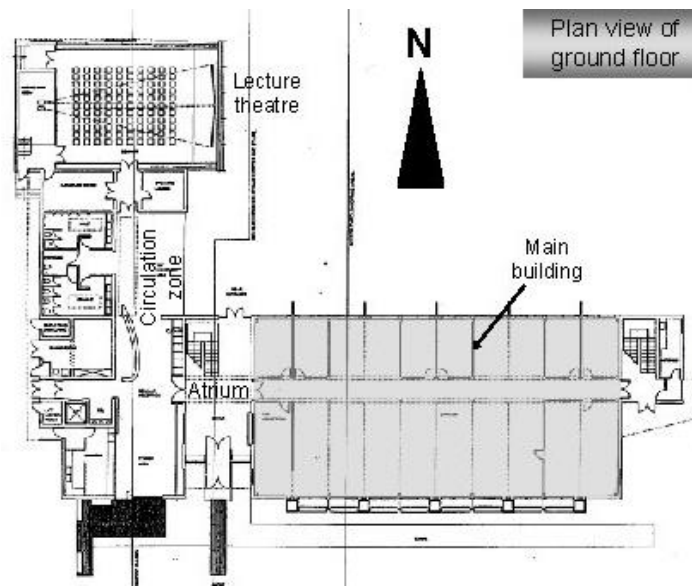
Les exigences programmatiques demandent de concevoir des bureaux et un centre de conférence ayant une consommation d'énergie réduite, pour accueillir 100 personnes, tout en obtenant le label excellent BREEAM.<sup>66</sup>

Le bâtiment est composé de deux volumes de 3 étages connectés par un atrium. L'axe de développement principal du bâtiment est Est-Ouest. Le rez-de-chaussée et le premier étage comprennent un plateau en open-space et des bureaux fermés, séparés par une circulation, et le deuxième étage est un plateau en open-space. Au rez-de-chaussée, il y a un grand amphithéâtre au nord. Celui-ci est relié au bâtiment principal par une zone de circulation contenant le bloc sanitaire et une zone d'exposition. L'extrémité ouest du bâtiment principal

<sup>65</sup> [210\\_gb1.pdf \(bre.co.uk\)](#) Présentation BRE Energy Efficient Office of the future consulté le 10.10.2022

<sup>66</sup> [BRE Environmental Building Watford UK - Environmental Control \(northernarchitecture.us\)](#) consulté le 23.10.2022

contient, au rez-de-chaussée, une cuisine et un espace buffet. Au premier et deuxième étage se situent des sanitaires et des salles de séminaire.



Plan rdc<sup>67</sup>

Au démarrage du projet, le client a défini des critères de performance très ambitieux visant à atteindre une réduction de 30% de l'énergie consommée, par rapport aux bâtiments basse énergie contemporains.<sup>68</sup> La stratégie pour obtenir ces objectifs visait à : réduire l'usage de la climatisation, utiliser la masse thermique du bâtiment pour réduire les charges liées aux besoins de chauffage et de refroidissement, minimiser l'usage de la lumière artificielle en utilisant la lumière naturelle, intégrer le bon niveau de « high-tech » pour diminuer les pertes.



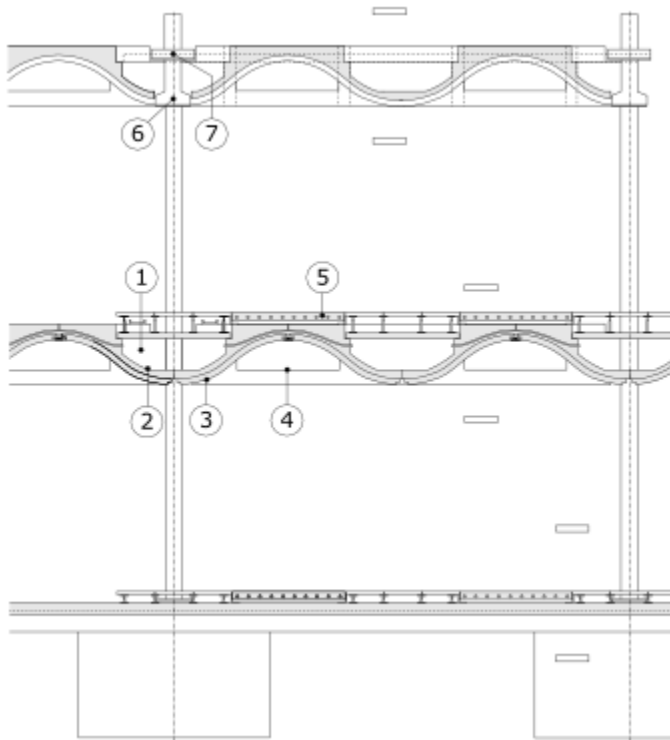
Photo façade sud<sup>69</sup>

Les murs sont composés de blocks en plâtre dense de 150mm et une isolation thermique de 100mm. La toiture est en aluminium, avec une structure en bois et 150 mm de béton.

<sup>67</sup> [210\\_gb1.pdf \(bre.co.uk\)](#) Présentation BRE Energy Efficient Office of the future consulté le 10.10.2022

<sup>68</sup> [BRE's Environmental Building](#) Project background

<sup>69</sup> ([https://www.new-learn.info/packages/euleb/en/p6/index\\_3.html](https://www.new-learn.info/packages/euleb/en/p6/index_3.html), s.d.)



Coupe de principe plafond sinusoïdal <sup>70</sup>

1. Couloir de ventilation à travers la dalle pour l'étage inférieur
2. Dalle béton coulée sur place épaisseur 75mm
3. une dalle préfabriquée de 75mm fixée sur la dalle coulée
4. Luminaire
5. Complexe de sol intégrant le système de chauffage et de ventilation :100mm de chappe acoustique, avec 50mm d'isolation thermique
6. Poutrelle en acier, intégrant la fixation du plafond sinusoïdal préfabriqué
7. Profil en acier pour la jonction des poteaux et poutrelles métalliques.

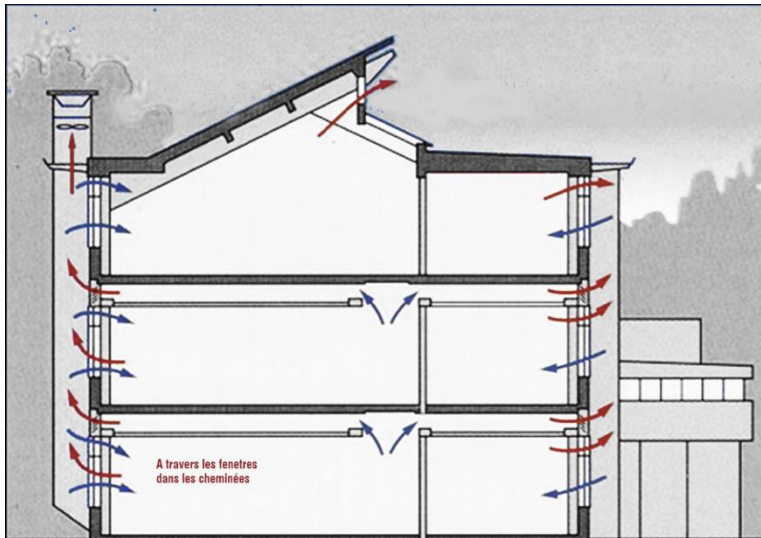
## II.2.b) Stratégie de ventilation

Les stratégies pour le confort d'hiver et d'été sont bien différenciées. Pour le confort d'été, les concepteurs ont combiné la ventilation traversante avec une sur-ventilation nocturne. La ventilation hygiénique est réalisée en utilisant les ouvrants pour les entrées d'air et un système d'extraction composé d'une suite de cheminées.

### Confort d'été

Le bâtiment a été conçu pour minimiser le besoin de refroidissement pendant la journée à travers l'usage de brises soleil, de fenêtres en double vitrage avec argon et l'utilisation de la sur-ventilation nocturne en utilisant l'inertie des plafonds en béton. Les principaux composants du système de ventilation naturelle sont des fenêtres ouvrantes pour fournir de l'air extérieur, des cheminées de ventilation pour extraire l'air vicié et des plafonds sinusoïdaux qui fournissent des canaux pour la distribution de l'air ainsi qu'une grande surface d'air pour le refroidissement nocturne.

<sup>70</sup> [https://www.new-learn.info/packages/euleb/en/p6/index\\_3.html](https://www.new-learn.info/packages/euleb/en/p6/index_3.html), s.d



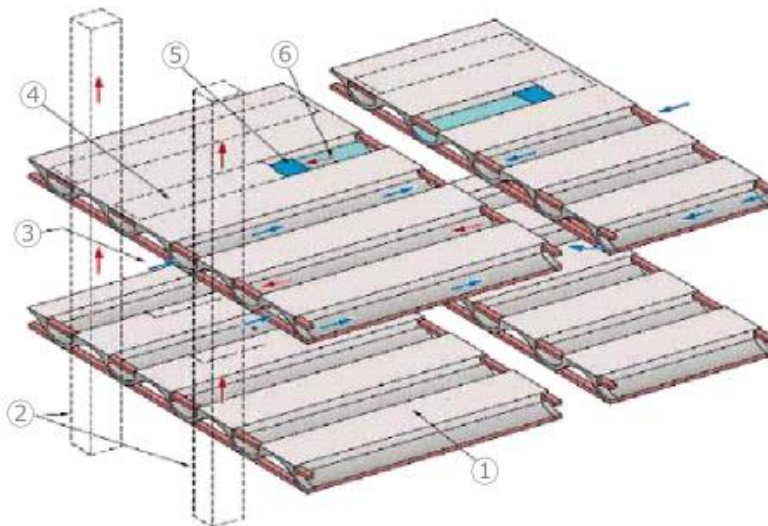
Coupe principe de ventilation<sup>71</sup>



Photo plafond sinusoïdal<sup>72</sup>

Pour les périodes particulièrement chaudes, le refroidissement pour le confort thermique est fait par transfert de chaleur en utilisant les tuyaux d'eau souterraine de forage. Ce système permet de diminuer de 2°C les pics de température intérieure pendant l'été.<sup>73</sup>

Le plafond sinusoïdal fournit aux deux étages des bureaux une grande surface de masse thermique exposée et a également le rôle de conduit pour la ventilation naturelle de l'air jusqu'au fond de l'espace de bureau. Ce système permet un cloisonnement sans poser des contraintes pour la ventilation naturelle traversante. Ces conduits d'air qui donnent sur la façade s'ouvrent vers la circulation qui délimite d'un côté les bureaux fermés orientés au nord et ceux en open-space orientés au sud.



1. Chauffage et climatisation intégrés dans le plancher
2. Cheminée d'évacuation
3. Entrée d'air neuf dû à l'effet de cheminée
4. Etage ayant une hauteur plus importante
5. Gaine verticale
6. Conduit d'air

7. Fig. Complexe plancher et ventilation transversale<sup>74</sup>

<sup>71</sup> [210\\_gb1.pdf \(bre.co.uk\)](#) Présentation BRE Energy Efficient Office of the future consulté le 10.10.2022

<sup>72</sup> [210\\_gb1.pdf \(bre.co.uk\)](#) Présentation BRE Energy Efficient Office of the future consulté le 10.10.2022

<sup>73</sup> [https://www.new-learn.info/packages/euleb/en/p6/index\\_3.html](https://www.new-learn.info/packages/euleb/en/p6/index_3.html), s.d

<sup>74</sup> [BRE's Environmental Building](#), consulté le 24.11.2022

Les fenêtres sur les façades extérieures s'ouvrent soit dans un conduit ou sur le mur orienté au nord dans un bureau fermé, soit sur le mur orienté au sud dans le plateau open-space. Sur la façade sud il y a des cheminées de ventilation, utilisées pour l'extraction d'air lorsqu'il n'y a pas assez de vent ou que la ventilation transversale est difficile.

Les parois extérieures des cheminées ont un revêtement en briques de verre pour améliorer l'effet de cheminée en augmentant la température de l'air à l'intérieur.

Des ventilateurs ont été rajoutés à l'intérieur des cheminées pour faciliter l'évacuation lorsqu'il y a peu ou pas de vent ou lorsque les différences de températures sont trop basses pour fournir une force motrice. Une fenêtre ouvrante de petite dimension à l'extrémité extérieure de chaque conduit permet à l'air d'entrer dans la cheminée de ventilation. À l'autre extrémité, le conduit débouche dans le couloir entre les bureaux cellulaires et l'espace ouvert. Lorsque l'air se déplace le long du conduit, il est conditionné (c'est-à-dire que la chaleur est transférée entre l'air et le plafond) avant d'entrer dans l'espace occupé. En hiver, elles servent de conduits pour la ventilation de base nécessaire pour répondre aux exigences de qualité de l'air intérieur. En été, il fait partie de la stratégie de refroidissement nocturne.

Les fenêtres, qui s'ouvrent directement sur les bureaux cellulaires et l'open space, sont plus grandes et sont généralement gérées manuellement.

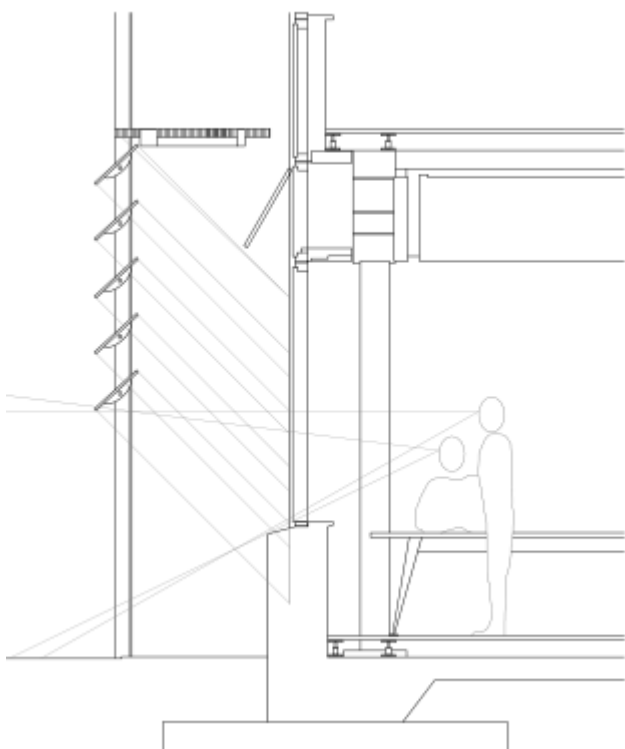


Fig. Principe de protection brises soleil <sup>75</sup>

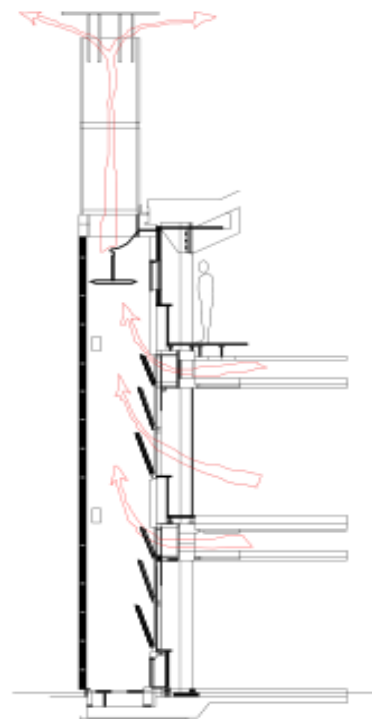


Fig. Principe extraction de l'air cheminée solaire<sup>76</sup>

<sup>75</sup> BRE Office - Ventilazione (new-learn.info)

<sup>76</sup> Fig. Principe extraction de l'air cheminée



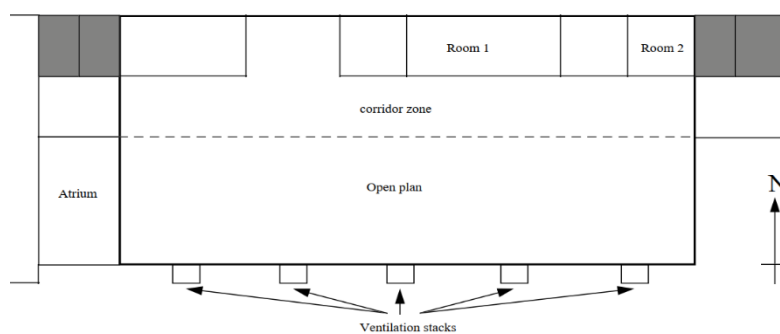
La façade vitrée en combinaison avec les hauteurs de plafonds importantes et une profondeur du bâtiment relativement faible réduisent le besoin d'éclairage artificiel par rapport à un immeuble de bureaux conventionnel. D'une autre part, la nécessité de contrôler l'éblouissement et l'apport solaire devient plus importante. Ces facteurs sont maîtrisés en utilisant des persiennes extérieures en verre motorisées contrôlées par la GTB. Celles-ci mesurent 400 mm de large, sont placées à environ 1,2 m de la façade et avec la lame la plus basse à chaque étage à 1700 mm au-dessus du niveau du sol afin de ne pas cacher la vue aux usagers.<sup>77</sup> Ces persiennes sont minces, seulement 10 mm de profondeur, et sont bien espacées, de sorte que lorsque l'ombrage n'est pas nécessaire, elles sont tournées en position horizontale pour maintenir une excellente vue vers l'extérieur. Il est également possible de faire pivoter les lames au-delà des étagères pour refléter la lumière directe du soleil sur le plafond plus profondément dans le plan.

Le dernier étage est une construction plus légère, sans refroidissement de la dalle. Pour garantir le confort thermique de cet étage, l'architecte a prévu : l'augmentation de la hauteur du plancher et du plafond et une pente importante pour le toit qui monte jusqu'à 5m et qui crée un effet de cheminée en évacuant la chaleur au-dessus de la zone de confort. Une surface vitrée plus petite réduit le gain solaire ici et les fenêtres orientées au nord fournissent un éclairage naturel supplémentaire pour réduire le gain interne.

Le bâtiment est contrôlé par un système dédié lié à la GTB, mais les usagers ont la possibilité de contrôler l'ambiance (température, ventilation, niveaux d'éclairement, position des stores etc)

### II.2.c) Respect des objectifs du projet

Dans le cadre du projet européen Natvent, les ingénieurs ont mesuré le taux de ventilation, la température, l'humidité, CO<sub>2</sub>, et CO pendant un mois en 1997. Les salles ou les différentes mesures ont été prises sont situées sur la façade nord : il s'agit d'une salle de réunion et un bureau fermé classique.



Plan de repérage bureaux <sup>78</sup>

<sup>77</sup> [https://www.new-learn.info/packages/euleb/en/p6/index\\_3.html](https://www.new-learn.info/packages/euleb/en/p6/index_3.html), s.d.

<sup>78</sup> [gb1eeo \(bre.co.uk\)](http://gb1eeo.bre.co.uk), p.1

## Confort d'été

Les résultats de la surveillance indiquent que la conception du bâtiment offre un environnement intérieur confortable.

Pendant l'été, les vents qui soufflent depuis le sud et le sud-ouest correspondent à un taux de ventilation plus important. La moyenne est autour de 6 volumes/h avec des pics vers 30 volumes/h pour des occupations intensives, comme nous pouvons le voir dans le diagramme ci-dessous.

Le taux de renouvellement d'air moyen était de 3 vol/h avec des pics vers 10 volumes/h quand le taux d'occupation des bureaux étaient plus importants et les fenêtres étaient ouvertes.<sup>79</sup>

Le taux de CO<sub>2</sub> était la plupart du temps en dessous de 1000ppm. Le taux d'humidité pour la salle de réunion est entre 45% et 35% qui est acceptable et entre 55 et 65% pour le bureau individuel.

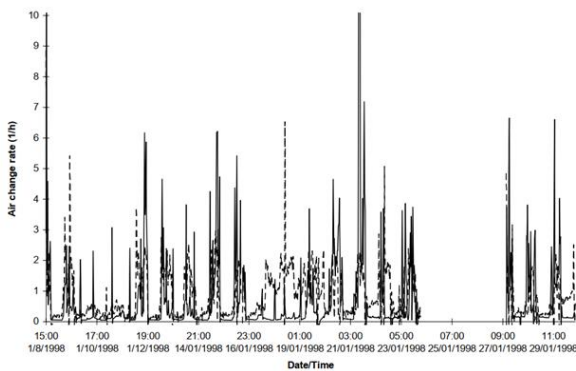


Diagramme taux d'échange été<sup>80</sup>

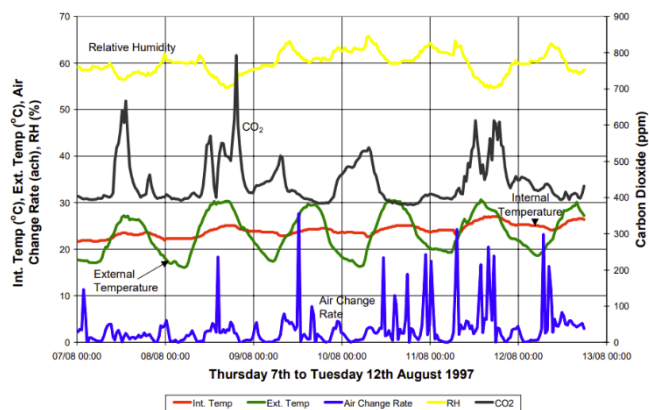


Diagramme taux d'échange/humidité/CO<sub>2</sub> été<sup>81</sup>

Les données de température mesurées indiquent que la masse thermique élevée couplée à la stratégie de ventilation nocturne et à la protection solaire minimise les gains de chaleur internes pour réduire l'effet des températures extérieures. Le confort thermique a été maîtrisé avec quelques pics en mois d'août où les températures ont monté à 26°.

## Confort d'hiver/d'été

Les niveaux de CO<sub>2</sub> et d'humidité sont acceptables : des valeurs et des températures confortables ont été enregistrées avec un taux de renouvellement conforme.

<sup>79</sup> [gb1eeo \(bre.co.uk\)](http://gb1eeo.bre.co.uk), p.3

<sup>80</sup> [gb1eeo \(bre.co.uk\)](http://gb1eeo.bre.co.uk), p.3

<sup>81</sup> [gb1eeo \(bre.co.uk\)](http://gb1eeo.bre.co.uk), p.3

Pendant l'hiver une analyse du vent montre des corrélations entre des débits de ventilation plus importants et une direction du vent comprise entre des azimuts de 100°-250° donc des vents qui soufflent depuis l'est, le sud et le sud-ouest.

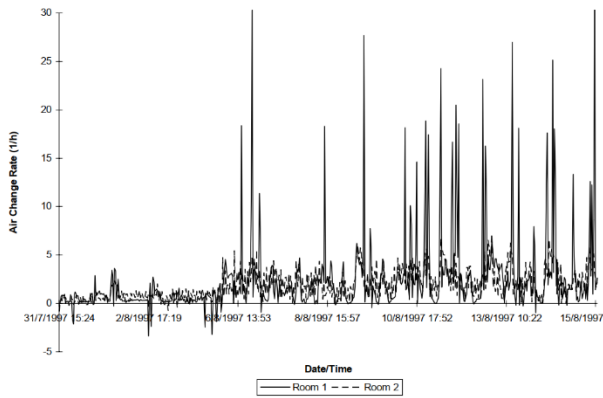


Diagramme taux d'échange été<sup>82</sup>

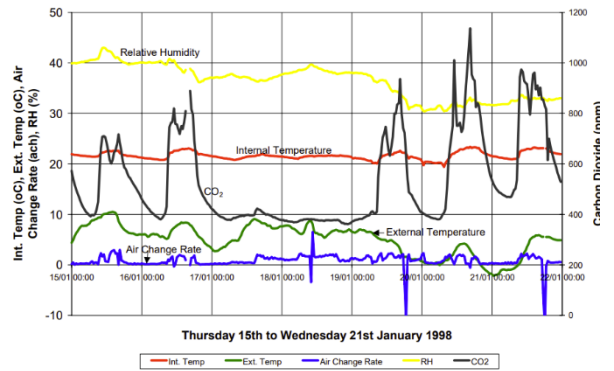


Diagramme taux d'échange/humidité/CO<sub>2</sub> été<sup>83</sup>

<sup>82</sup> [gb1eeo \(bre.co.uk\)](http://gb1eeo.bre.co.uk), p.4

<sup>83</sup> [gb1eeo \(bre.co.uk\)](http://gb1eeo.bre.co.uk), p.4

## II.3 Siège de GSW, Berlin

### II.3.a) Description du projet

Le bâtiment a été conçu par les architectes Sauerbruch Hutton, à Berlin en 1999 à la suite d'un concours. La compagnie GSW occupait un ancien bâtiment dans le centre historique du Berlin et ils avaient besoin des espaces supplémentaires. La proposition initiale déposée par les architectes dans les années 1980 a été rejetée et la mairie a demandé d'organiser un concours ouvert aux architectes afin de concevoir l'extension exemplaire pour le siège de GSW.

S'agissant de la première tour construite après la chute du mur, elle devait être un modèle innovant : l'intégration de la ventilation naturelle devient ainsi une donnée d'entrée formulée dans le programme. Les ingénieurs d'Arup ont indiqué que les ambitions énergétiques de ce projet étaient une réduction de 30-40%<sup>84</sup> des consommations par rapport à un projet des bureaux type.

Afin de créer une architecture innovante et peu consommatrice, il a été demandé d'améliorer le confort thermique de la tour existante en créant une masque solaire protectrice à travers les nouveaux bâtiments. Dans la tour existante, le système de brises soleil était dysfonctionnel et il n'y avait pas de ventilation mécanique, ni de climatisation, juste une ventilation naturelle basée sur l'ouverture des fenêtres. "Une partie du concept a été de créer un nouveau bâtiment bouclier, d'une part il protège la tour existante du vent de l'ouest (image à gauche) et d'une autre il crée un masque pour les apports solaires dans l'après-midi (image à droite)."<sup>85</sup>



Impact flux d'air sur la façade Ouest du bâtiment<sup>86</sup>

<sup>84</sup> [GSW Headquarters, Berlin - Arup](#)

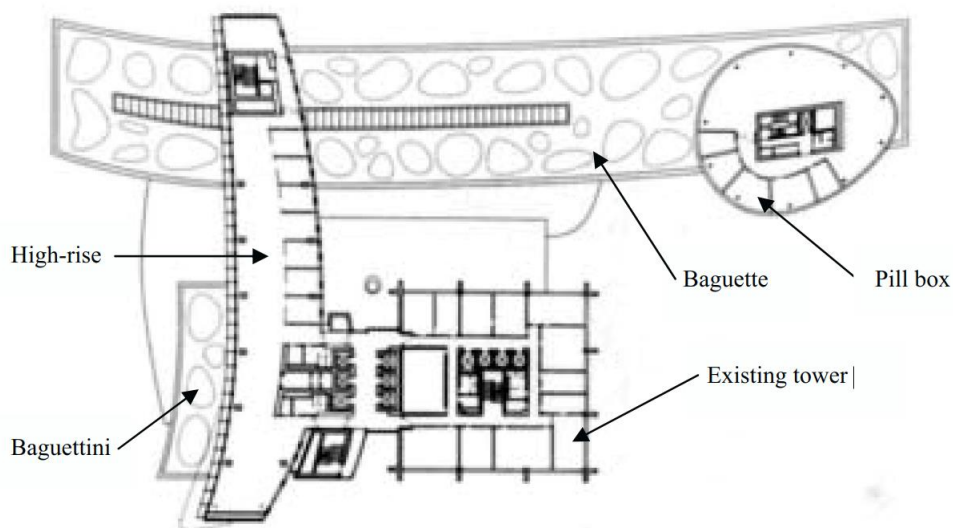
<sup>85</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London.

<sup>86</sup> Tommy Kleiven, Natural Ventilation in Buildings Architectural concepts, consequences and possibilities, Norwegian University of Science and Technology Faculty of Architecture and Fine Art, march 2003 p. 100

Le siège GSW est un assemblage de cinq volumes distincts. Cette variété des éléments permet de donner une réponse pour les différentes morphologies et typologies de bâtiments présentes dans la partie sud et nord du quartier Friedrichstadt.

Chaque bâtiment répond à son contexte urbain : au niveau de la rue, le volume légèrement courbe permet de redéfinir l'espace public et de créer le socle qui par "sa position et sa hauteur fait référence au passé baroque de la ville." <sup>87</sup> En regardant depuis l'est, la nouvelle tour courbe crée un fond de lecture pour le bâtiment des années 1950 et elle s'affirme comme nouveau repère depuis le point de vue ouest. Le volume "pillbox" rééquilibre la composition architecturale et par ses proportions fait référence aux bâtiments du Gründerzeit.

Cette stratégie permet d'intégrer dans le tissu urbain la tour auparavant solitaire, tout en répondant aux différentes parties du conglomérat historiquement évolué de Berlin. La nouvelle tour communique avec l'ancienne à travers des passerelles présentes à chaque étage.



Plan R+3<sup>88</sup>

Comme souligné dans le paragraphe précédent, la position de la nouvelle tour sur site n'a pas été faite sur le critère de la ventilation naturelle, mais sur des critères urbanistiques pour mettre en valeur l'existant et créer une intégration harmonieuse dans le tissu en privilégiant la perspective depuis la rue Koch strasse. La tour partage la même orientation N-S que les bâtiments de grandes tailles dans le quartier (Les tours Leipziger Strasse en bleu à gauche et Axel Springer en jaune dans le centre)

<sup>87</sup> [sauerbruch hutton - GSW Headquarters](#) consulté le 20.11.2022)

<sup>88</sup> [sauerbruch hutton - GSW Headquarters](#) consulté le 20.11.2022)



Croquis d'intégration, en suivant l'orientation des tours Leipziger Strasse<sup>89</sup>

### II.3.b) Stratégie de ventilation

L'architecte a déclaré que l'idée de départ n'était pas de concevoir un bâtiment de grande hauteur avec une double peau. Pendant le développement du projet, des échanges se poursuivent entre l'architecte et le bureau d'étude ARUP qui propose de protéger tous les ouvrants de la façade Ouest avec un vitrage simple, suspendu à une distance suffisante par rapport à la peau intérieure qui va créer une zone de tampon, tout en limitant les déperditions. Ce complexe de cheminée permet le fonctionnement de la ventilation traversante, quand les vents sont faibles et les températures sont élevées.<sup>90</sup>

Afin d'assurer une bonne ventilation traversante et une lumière naturelle uniforme, la profondeur maximale du bâtiment est de 11.50 m, pour une hauteur d'étage de 3.30m. Cela correspondait au bâtiment existant, en vue de leur connexion à chaque étage à travers des passerelles. La hauteur du plénum technique intégré a bien été optimisée permettant une hauteur libre de 2.70m<sup>91</sup>.

La conception initiale du bâtiment prévoyait des bureaux mono-orientés ouest avec une circulation sur la façade est, délimité par un voile béton porteur, avec le rôle de masse thermique. En prenant en compte la position du bâtiment sur site suite aux critères urbanistiques et les orientations au vent et au soleil, l'équipe a proposé une stratégie de ventilation mixte basée sur 4 éléments majeurs du projet : la façade Est intégrant les entrées d'air, la façade Ouest en double peau pour l'extraction, la canopée ayant un double rôle ,

<sup>89</sup> [sauerbruch hutton - GSW Headquarters](#) consulté le 20.11.2022)

<sup>90</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 9

<sup>91</sup> Tommy Kleiven, Natural Ventilation in Buildings Architectural concepts, consequences and possibilities, Norwegian University of Science and Technology Faculty of Architecture and Fine Art, march 2003 p. 107

protection de la double peau et de renfort du tirage thermique à travers l'effet venturi et la masse thermique des éléments porteurs apparents, dalles et poteaux en béton.

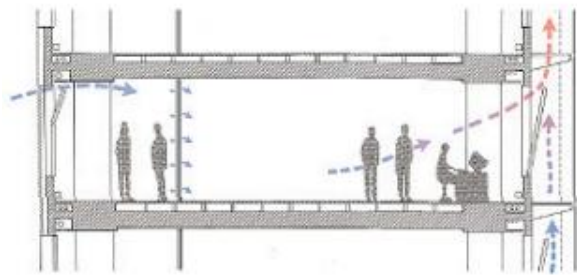


Fig. Principe de ventilation trame simple <sup>92</sup>

Afin d'avoir plus de flexibilité pour les futurs locataires, le client a demandé une modification majeure, un plan qui permet plusieurs types de configurations : circulation périphérique sur le côté et bureaux cloisonnés, circulation centrale et bureaux de deux cotés, open space.

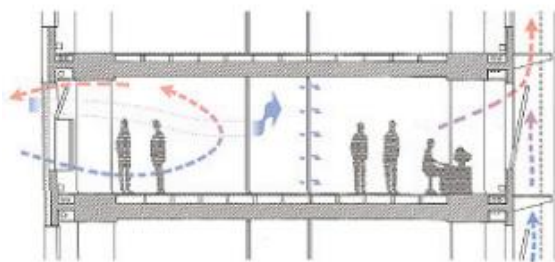


Fig. Principe de ventilation trame double <sup>93</sup>

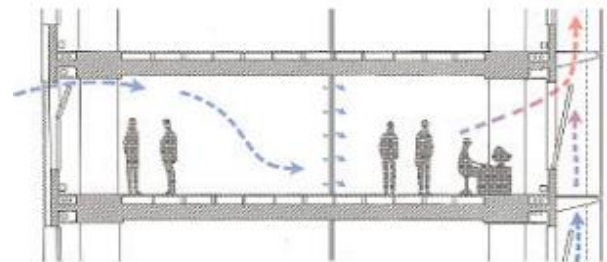


Fig. Principe de ventilation trame double, prise d'air <sup>94</sup>

Le voile en béton délimitant la circulation a été remplacé par des poteaux qui permettent d'avoir plusieurs configurations possibles. D'un point de vue structurel, les poteaux sont renforcés par les deux noyaux de circulation en béton.

En termes de ventilation naturelle, des grilles des ventilation et extraction ont été rajoutées sur la façade Est de manière uniforme afin de permettre une grande flexibilité pour le cloisonnement des bureaux.

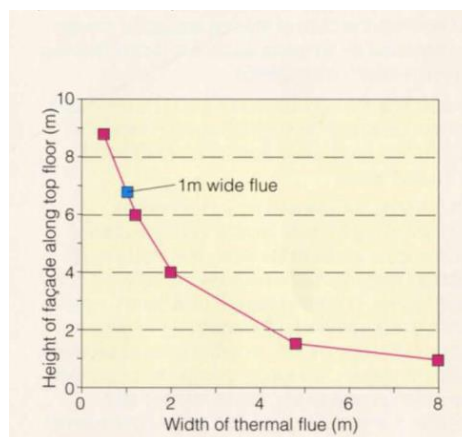
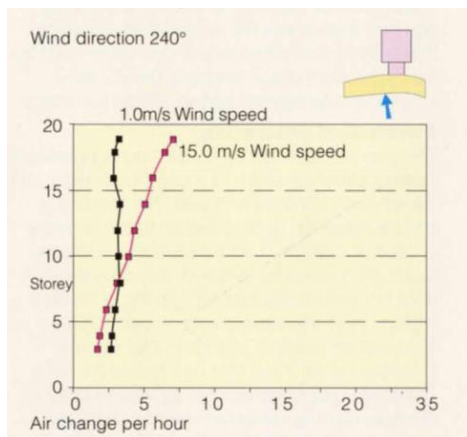
<sup>92</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 9

<sup>93</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 9

<sup>94</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 10

## Double peau façade Ouest

Cette façade en double peau, d'un mètre de profondeur et plus de 66 m en hauteur, a été conçue comme une énorme cheminée solaire pour extraire l'air vicié.



Taux d'échange avec ventilation naturelle<sup>95</sup> Epaisseur façade évitant l'inversion du tirage thermique<sup>96</sup>

Afin de déterminer un fonctionnement optimal de cette façade, Arup a utilisé des simulations CFD pour déterminer l'épaisseur et sa hauteur par rapport au dernier étage d'extraction afin d'éviter l'inversion du tirage thermique.

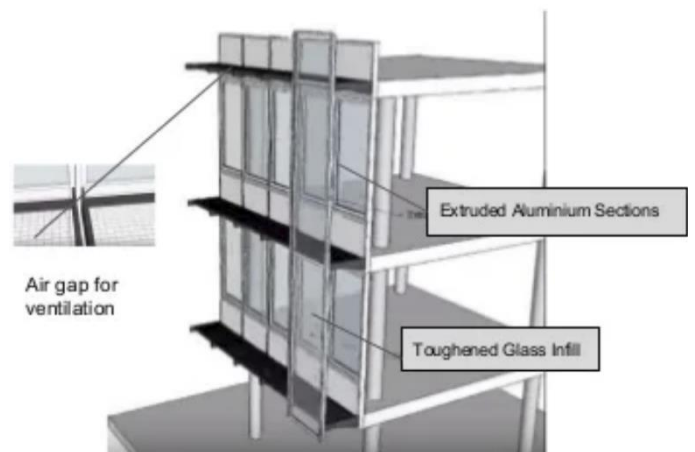
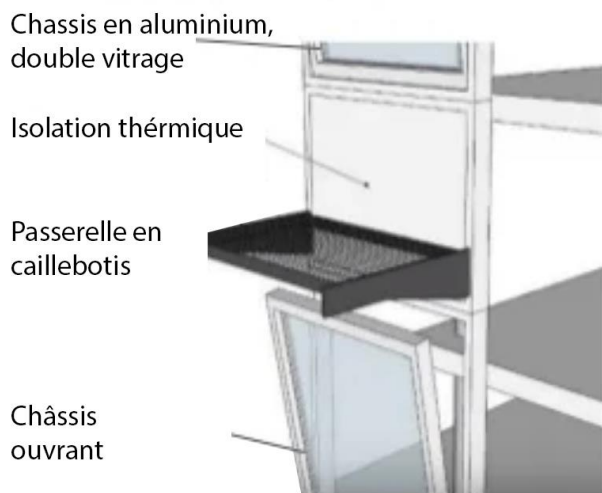
La façade bénéficie d'un bon tirage thermique grâce aux rayons solaires absorbés dans sa surface concave. L'après-midi, le soleil augmente l'effet de tirage thermique et permet l'évacuation de l'air vicié dans chaque étage. Néanmoins le choix pour la forme courbe concave du bâtiment est fait sur des critères morphologiques : *“Nous aurions pu faire un volume de construction droit et linéaire, et le principe de la distribution de l'air aurait été le même. C'est donc une raison formelle et spatiale ; formel vers l'extérieur, spatialement vers l'intérieur. La courbe en forme de boomerang crée une expérience très spéciale de l'espace à l'intérieur du bâtiment, et vers l'extérieur de la manière dont vous pouvez tout voir. La courbe donne une relation très forte avec la tour existante, qui en elle-même a une géométrie très forte. La géométrie du nouveau bâtiment se détache de l'existant ”.*<sup>97</sup>

<sup>95</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 9

<sup>96</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 9

<sup>97</sup> Tommy Kleiven, Natural Ventilation in Buildings Architectural concepts, consequences and possibilities, 2002, entretien avec J. L. Young, Sauerbruch Hutton Architects, p. 102- citation traduite en français par Bianca Nenciu





Axonométrie façade ouest double peau épaisse <sup>98</sup>

Les ouvrants situés en haut et en bas du conduit sont essentiels dans le fonctionnement de la ventilation naturelle. Il y a des capteurs intégrés dans la façade, liés à la GTB qui mesurent la vitesse du vent et la température afin de contrôler le degré d'ouverture des ouvrants.



Grille pare-pluie pour l'extraction en partie haute et ouvrant lié à la GTB en partie basse de la façade Ouest<sup>99</sup>

Les panneaux solaires polychromes en aluminium perforé à 18% situés à l'intérieur de la double peau jouent un double rôle. Ceux de couleurs claires sont utilisés pour bloquer les radiations solaires de rentrer à l'intérieur du bâtiment et ceux en couleurs rouge ont le rôle d'absorbant des radiations pour augmenter la température de l'air à l'intérieur de la double peau, donc l'efficacité du tirage thermique. La couleur rouge a les mêmes propriétés que le noir en ce qui concerne l'absorbance des radiations solaires.

<sup>98</sup> [GSW Head quarters, berlin case study \(slideshare.net\)](#)

<sup>99</sup> [Dampers located at the top of the thermal flue \(a\) © Arup and Dampers... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

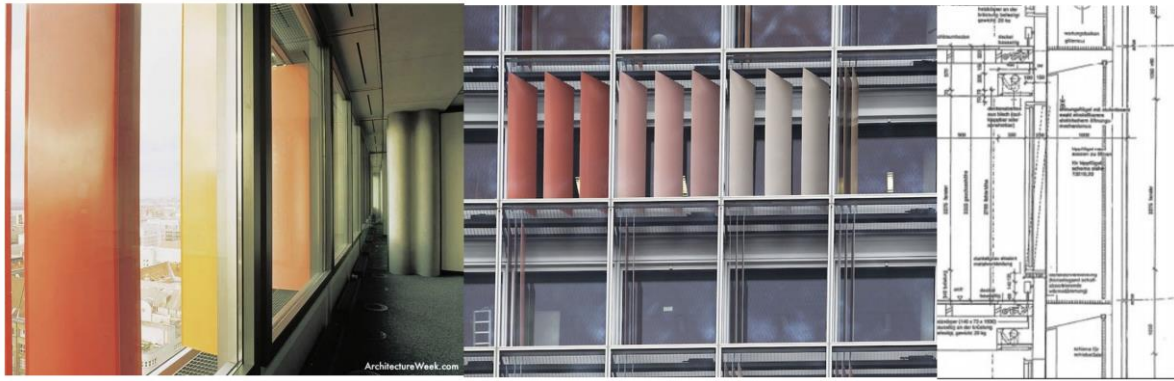


Fig. Façade ouest -vue intérieure et extérieure panneaux <sup>100</sup>

En plus, la double façade crée une zone de tampon pour les variations thermiques et acoustiques.

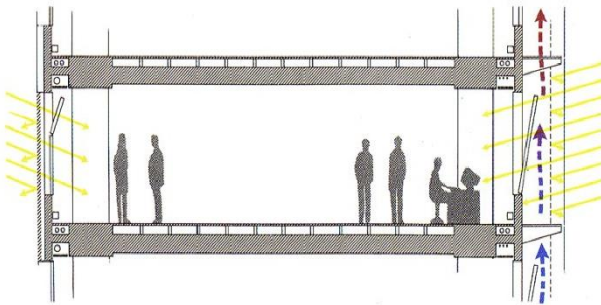


Schéma fonctionnement brises soleil<sup>101</sup>

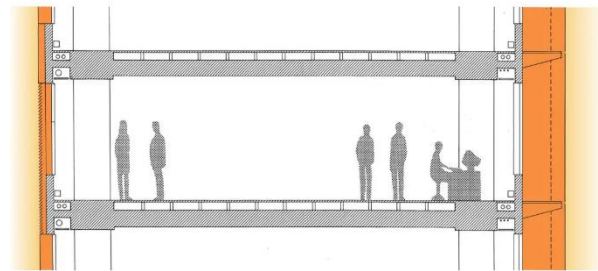


Schéma zone tampon en façade<sup>102</sup>

La peau intérieure contient un isolant thermique en partie basse, des châssis en aluminium, fixes et ouvrants, avec un double vitrage, des passerelles en caillebotis pour la maintenance qui permet le passage de l'air à l'intérieur.

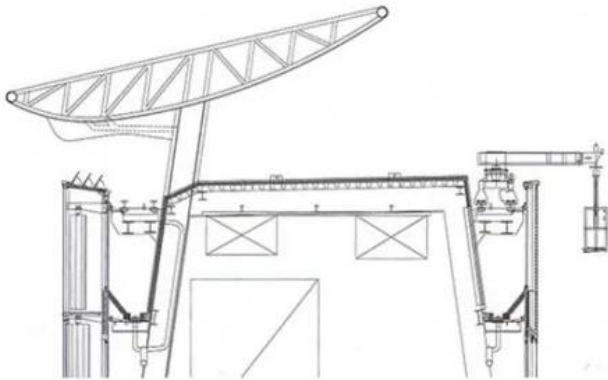
L'un des résultats de ces choix de conception est que « le bâtiment bénéficie d'économies d'énergie allant jusqu'à 40% par rapport aux conceptions traditionnelles. Grâce aux systèmes de ventilation naturelle mis en place, la ventilation mécanique est utilisée juste 30% du temps. <sup>103</sup>

<sup>101</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 9

<sup>102</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 9

<sup>103</sup> [GSW Headquarters, Berlin - Arup](#) consulté le 08.10.2022

## Canopée



Coupe canopée<sup>104</sup>



Photo canopée<sup>105</sup>


La canopée recouverte d'une membrane de polyester et de PVC est construite sur le toit du bâtiment. Sa forme prend en compte la direction du vent dominant à Berlin et utilise l'effet Venturi pour renforcer la convection naturelle par tirage thermique dans la double façade. Si le vent souffle du Nord ou du Sud, une série d'ailettes suspendues sous l'aile provoque des tourbillons de vent. Cela devrait éviter le risque d'une accumulation de pression positive au-dessus de l'extraction. La convection dans la double façade ouest du bâtiment crée une pression négative qui peut aspirer l'air frais coté est à travers le bâtiment. Lorsque les fenêtres des deux façades s'ouvrent, l'air frais circule d'Est en Ouest.

L'aile empêche la pluie de pénétrer dans le conduit d'extraction d'air, elle sert de parapluie pour la double façade. La forme de celui-ci est conçue pour induire l'effet Venturi. La vitesse à travers l'espace étroit est plus grande que la vitesse ailleurs, ce qui produit un effet d'aspiration juste au-dessus de la sortie de l'air vicié.

### Façade Est

La façade est composée d'une double peau fine. Elle bénéficie de l'ombre grâce à la proximité avec l'ancienne tour, qui crée un masque de protection. La tour existante et les nouveaux volumes du socle créent de l'ombre sur la majeure partie de la façade est, assurant une température de l'air de ventilation la plus basse possible.

---

<sup>104</sup>  [GSW Headquarters - Data, Photos & Plans - WikiArquitectura](#)

<sup>105</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 9

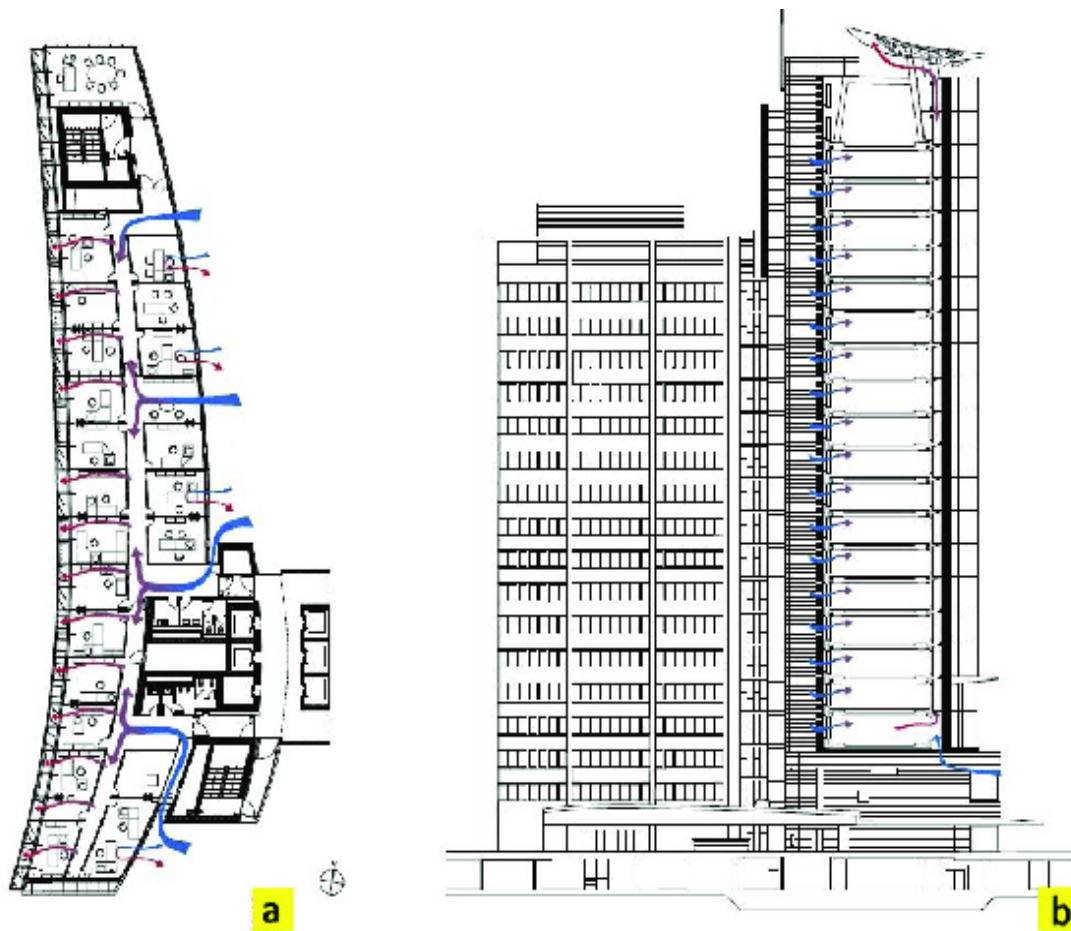


Fig. Principe de ventilation traversante pour les bureaux en configuration double trame de bureaux et circulation centrale<sup>106</sup>



Fig. Façade Est double peau fine, avec détail des persiennes et ouvrant<sup>107</sup>

<sup>106</sup> GSW Headquarters Tower, plan (a); and section (b) © Sauerbruch Hutton. | Download Scientific Diagram (researchgate.net)

<sup>107</sup>

Les entrées d'air sont composées de persiennes en aluminium à l'extérieur et équipées de trappes ouvrantes à l'intérieur. Les grilles sont réparties sur la façade de manière qu'une multitude d'aménagements de bureaux alternatifs soient possibles sur les différents étages.

En plus des ouvertures individuelles pour chaque baie de bureau, il y a quatre entrées centrales d'air neufs, repérées avec des flèches bleues dans le plan ci-dessus. Ceux-ci sont nécessaires à la ventilation des aménagements avec une double orientation et une circulation centrale.

Afin d'assurer une ventilation traversante dans cette configuration, l'équipe a développé des panneaux spécifiques placés entre la circulation et les bureaux qui permettent le passage de l'air. Ils doivent en même temps répondre aux exigences CF, spécifiques à la sécurité incendie d'une tour et aux exigences acoustiques, dû au fait que les plafonds sont en béton apparent. Ces panneaux comportent des perforations en forme de S et sont composés d'un matériau à forte performance acoustique. En cas d'incendie, un élément obture les perforations pour empêcher la propagation des fumées.<sup>108</sup>



Les deux autres façades n'intègrent pas des dispositions pour la ventilation naturelle. Elles jouent plus un rôle esthétique pour mettre en valeur la verticalité et la finesse de la nouvelle tour.

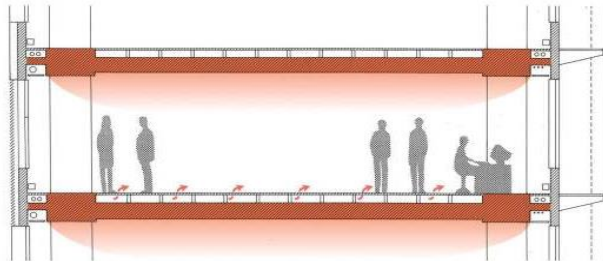
### **Masse thermique et surventilation nocturne**

L'usage de la masse thermique du bâtiment est un élément très important dans la stratégie de ventilation. Les façades ayant une faible capacité de stockage, la charge est portée par les dalles et les poteaux en béton, ainsi que les murs du noyau.

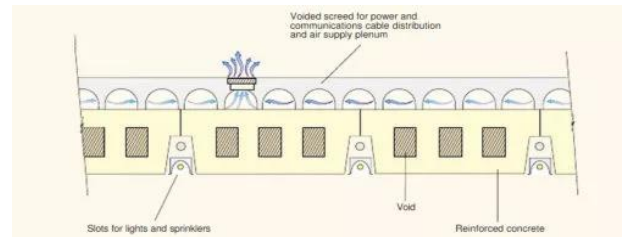
---

<sup>108</sup> Tommy Kleiven, *Natural Ventilation in Buildings Architectural concepts, consequences and possibilities*, 2002, entretien avec J. L. Young, Sauerbruch Hutton Architects, p. 116

A l'intérieur de la tour, il n'y a pas de faux plafond. Les dalles en béton apparent intègrent l'ensemble des éléments techniques (alarmes détection incendie, sprinklers, luminaires), tout en permettant l'usage de leur inertie thermique. Dans le faux plancher, ils ont intégré les alimentations en courants forts et les diffuseurs pour le rafraîchissement mécanique quand les températures extérieures dépassent le 25°.

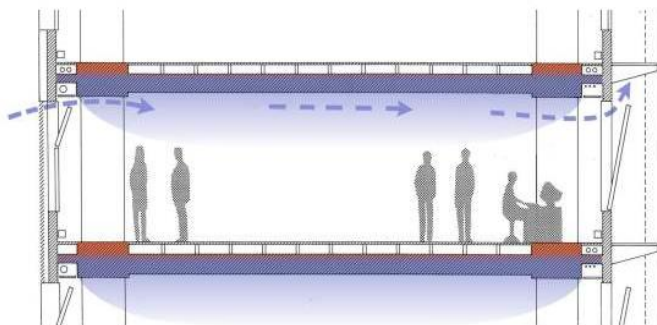


Coupe de principe inertie dalle en confort d'hiver<sup>109</sup>



Coupe de principe faux plancher<sup>110</sup>

Les dalles se comportent comme un puit thermique en amortissant les fluctuations de température diurnes. La température intérieure est à son maximum sous le plafond où l'échange d'énergie de l'air intérieur vers le béton est le plus efficace. En confort d'été, en utilisant la sur ventilation nocturne, les dalles sont chargées en fraîcheur. Pendant la journée, à travers la conduction elles échangent avec l'air intérieur : en cédant de la fraîcheur et en stockant de la chaleur jusqu'au moment où les deux températures s'équilibrent.



Confort d'été et principe d'inertie des dalles<sup>111</sup>

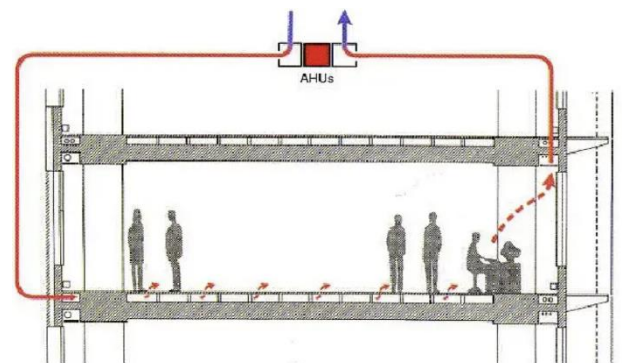


Fig. Ventilation mécanique avec récupération de chaleur<sup>112</sup>

Les matériaux utilisés dans les intérieurs sont le béton, l'ardoise, les panneaux durs, le verre, le parquet et les moquettes type poil court.

<sup>109</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 9

<sup>110</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 9

<sup>111</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 9

<sup>112</sup> Brown, D. J. (2000) The Arup Journal (Millennium issue 3), Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London, p. 10

## Ventilation mécanique

L'équipe de conception a intégré un système de ventilation mécanique pour les conditions extrêmes afin de garantir le confort d'hiver, qui est placé dans la dalle en béton flottante. Il contient un système de récupération de chaleur afin de diminuer les pertes de charges. Les locaux techniques dédiés sont situés dans les deux derniers étages de la tour.

### II.3.c) Respect des objectifs du projet

D'un point de vue **économique**, les ambitions de concevoir un bâtiment avec 30-40% de réductions d'énergie par rapport à un bâtiment standard ont été respectées. Cette performance a été possible grâce aux différents dispositifs mis en place.

Dû au bon fonctionnement de la ventilation naturelle traversante, cela a permis d'utiliser 70% du temps. Le système mécanique a été employé au moment des pics de températures.

En confort d'été, les usagers peuvent choisir la ventilation naturelle ou la mécanique. La GTB est programmée en ventilation naturelle jusqu'à 27° température intérieure. En dépassant cette limite, le système mécanique intervient à travers des pulvérisateurs et la roue déshydratante avec récupération de chaleur qui sont intégrés dans la dalle. Ces éléments sont branchés aux mêmes conduits du système urbain, qui assure le chauffage en hiver.

En confort d'hiver le bâtiment avec ses deux façades en double peau permet de récupérer des apports solaires, donc les charges de chauffage du réseau public sont minimisées.

En termes de consommations électriques, grâce à sa profondeur réduite d'environ 11m, l'usage de l'éclairage artificiel a été bien réduit. La première rangée des luminaires côté façade est automatiquement éteinte, grâce aux cellules photoélectriques intégrées au niveau de la façade. La gestion de flux d'ascenseurs a été optimisée afin de réduire les trajets inutiles : les six ascenseurs fonctionnent en bloque : à chaque étage il y a deux boutons en fonction dans quelle zone tu te déplace.

### III. Obstacles et réflexions

Après avoir présenté ces trois projets, il convient d'observer les différents sujets rencontrés qui constituent des retours d'expérience précieux pour se donner une idée des difficultés que peuvent représenter l'intégration de la ventilation naturelle dans un projet en milieu urbain.

Celles-ci ne sont pas uniquement d'ordre technique, et même si les projets présentés ici ne sont pas à la pointe de la technologie actuelle, cela ne les empêche pas d'être instructifs dans les différentes erreurs qui ont pu être commises. C'est d'ailleurs la nature même d'un projet pionnier.

Nous choisirons ici, plutôt qu'une lecture linéaire de chaque projet, de rassembler ces obstacles par thèmes. Ainsi, nous verrons, dans l'ordre chronologique de la conception et réalisation d'un projet, ce que peuvent nous apprendre ces expériences.

#### III.1 Les ambitions du projet

La première étape pour chacun de ses cas a été la volonté même d'y intégrer la technique peu commune que représente la ventilation naturelle.

Dans le cadre du siège de GSW, la ville de Berlin qui détenait la société a passé une commande privée pour leur extension avant la chute du mur. Avec le contexte politique qui a changé, la proposition initiale faite par les architectes a été rejetée. S'agissant de la première tour construite à Berlin après la chute du mur, la mairie souhaite montrer l'exemple d'une nouvelle Allemagne en organisant un concours avec six architectes invités. Dans les lignes directrices du concours a été demandé de concevoir un bâtiment en dialogue avec le passé, à savoir un tissu urbain déstructuré, et en même temps tourné vers le futur grâce aux innovations d'ingénierie apportées : un confort d'été sans climatisation, une amélioration des conditions de l'ancienne tour sans travaux lourds et une réduction de 30 à 40%<sup>113</sup> de la consommation d'énergie par rapport à un bâtiment standard. Le client qui était moteur de cette innovation a pu sélectionner l'architecte et le bureau d'étude qui correspondaient le mieux par rapport à ses ambitions : l'équipe Sauerbruch Architectes et Arup. Ici, c'est une volonté politique prononcée par le maire à qui appartenait le terrain. C'est, en quelque sorte, la situation la plus simple pour promouvoir une technologie atypique : elle ne s'applique pas dans les conditions de commande privée où l'intérêt économique prime et des techniques éprouvées sont souvent préférées.

---

<sup>113</sup> GSW Headquarters, Berlin - Arup



Cependant commande publique peut également rimer avec restreinte budgétaire. L'intégration de la ventilation naturelle dans le centre Canning Crescent a été faite sur des critères entièrement économiques. S'agissant d'une commande directe financée par l'hôpital public anglais pour créer un centre de jour psychiatrique, les fonds alloués pour la construction ainsi que son entretien et ses coûts de consommation étaient très serrés : autour de 2 millions £ pour 1350 m<sup>2</sup>, en surface de plancher, soit 1540 £/ m<sup>2</sup>, en intégrant les équipements médicaux. Dans ce cas, le choix de la ventilation naturelle a été fait sur la base d'une vision à long terme.

Mais la volonté d'innovation peut également venir de acteurs privés. En ce qui concerne le centre BRE à Watford, il s'agit du souhait du client de concevoir son siège avec une performance énergétique remarquable, tout en respectant le niveau excellent de leur label BREEAM.<sup>114</sup>

Le mandataire, BRE est un organisme indépendant et impartial, de conseil, d'essai et de formation, fondé sur la recherche, offrant une expertise dans tous les aspects de l'environnement bâti. Le label BREEAM contient 10 critères d'analyse et demande un respect à 70% pour avoir le niveau excellent :<sup>115</sup>

- **Gestion de l'eau** : récupération de l'eau de pluie, traitement des eaux usées...;
- **Gestion de l'énergie** : utilisation d'énergies renouvelables, émissions de CO2...;
- **Management du bâtiment** : impact du chantier sur l'environnement, suivi et contrôle périodique du bâtiment (suivi des consommations, etc.);
- **Santé et bien-être des occupants** : éclairage naturel et artificiel, ventilation naturelle, confort thermique...;
- **Gestion des déchets** : gestion des déchets produits lors de la construction du bâtiment... ;
- **Transports** : transports publics accessibles près du site, mode de transports alternatifs (vélo...);
- **Pollution** : réduction de la pollution lumineuse nocturne, pollution des eaux...;
- **Environnement et écologie** : impact du bâtiment sur la biodiversité...;
- **Matériaux** : provenance des matériaux...;
- **Innovation** : composés organiques volatils, comptage de l'eau...

L'intégration de la ventilation naturelle est donc basée sur le critère de santé et de bien-être des occupants, et représente également un moyen efficace de réduction des consommations.

De manière plus générale, il est intéressant de considérer l'attitude des principaux acteurs du marché anglais du bâtiment concernant la ventilation naturelle.

Dans le cadre du projet Natvent, des entretiens ont été menés avec les boîtes d'architecture, d'ingénierie, de constructions, les promoteurs et les exploitants.

---

<sup>114</sup> [BRE Environmental Building Watford UK - Environmental Control \(northernarchitecture.us\)](http://BRE Environmental Building Watford UK - Environmental Control (northernarchitecture.us))

<sup>115</sup> [Labels HQE, LEED, BREEAM : que signifient-ils, que valent-ils ? - Alsobom](#)

Dans son ensemble, la ventilation naturelle dans les bureaux fermés est reçue de manière positive par l'ensemble des acteurs, en dehors de deux aspects : le bruit extérieur et la pollution qui constituent des barrières majeures.

Les principaux acteurs du bâtiment ressentent une maîtrise de cette conception complexe, au sujet des performances en termes de refroidissement, de contrôle des flux d'air et des odeurs ; de contrôle individuel et local sur l'air ambiant. Malgré les résultats moyens sur les performances mesurées de ces systèmes, les retours des usagers sont plutôt positifs.

Concernant les coûts à la fois pour l'installation, l'exploitation et l'entretien, la ventilation naturelle est perçue comme un moyen de faire des économies et simplifier l'utilisation par rapport à un système mécanique.

Statistiquement, les architectes sont les premiers à encourager et à maîtriser l'usage de la ventilation naturelle dans les édifices neufs et surtout dans les réhabilitations : au moment de l'entretien, ils ont 10-15% de projets qui intègrent la ventilation naturelle. <sup>116</sup>

En termes de concept et design du bâtiment, la ventilation mécanique a été mieux notée pour la facilité de conception, les lignes directrices, les produits et la flexibilité, pendant que le confort des occupants est un point clés de la ventilation naturelle.

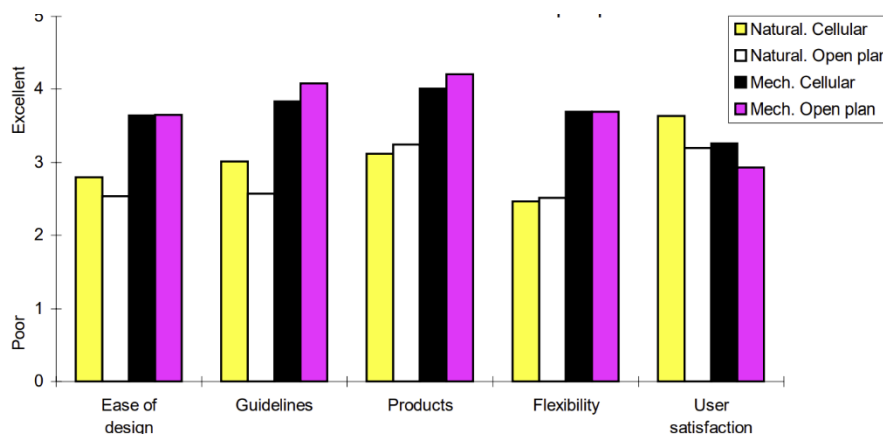


Fig. La perception de la conception de la ventilation naturelle et mécanique dans les bureaux <sup>117</sup>

En s'interrogeant sur l'avenir de la ventilation naturelle dans les bureaux, les architectes et les promoteurs se sentent optimistes dans l'augmentation de cette pratique.

Leurs arguments principaux sont :

- Questions écologiques : réductions des énergies et du bilan carbone dans le bâtiment
- Réduction des coûts d'exploitation et de maintenance
- Sensibilisation du public et des clients aux options naturelles

<sup>116</sup> Barriers to Natural Ventilation Design of Office Buildings National Report: Great Britain, THE EUROPEAN COMMISSION, July 1998, p.

<sup>117</sup> Barriers to Natural Ventilation Design of Office Buildings National Report: Great Britain, THE EUROPEAN COMMISSION, July 1998, p.

- Systèmes mécaniques compliqués, sophistiqués et difficiles - pas facile à utiliser
- Plus de contrôle individuel
- Marché mené par les clients
- Économie de capital sur les coûts de construction initiaux

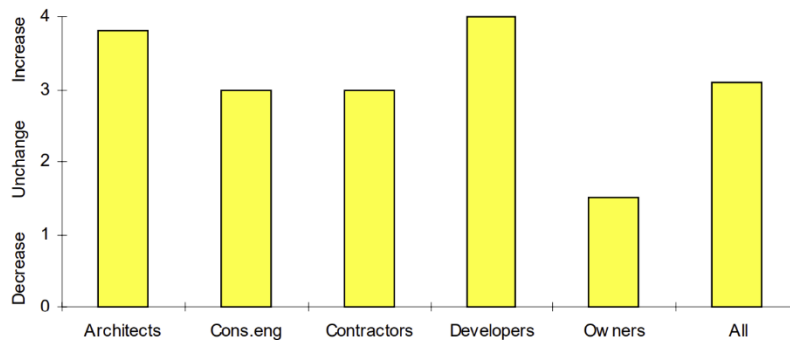


Fig. Les attentes des acteurs dans l'avenir d'usage de la ventilation<sup>118</sup>

### III. 2. Les contraintes programmatiques

En fonction du type de programme, les demandes formulées ne sont pas forcément compatibles avec les stratégies classiques de la ventilation naturelle.

Prenant l'exemple du **centre psychiatrique de jour Canning Crescent** : ses salles de consultation doivent bénéficier de la confidentialité par rapport à l'extérieur, ce qui limite l'ouverture des fenêtres côté rue. Le système de conduits verticaux mis en place, permet de placer les entrées d'air neuf côté jardin, en réglant d'une part le problème de confidentialité et de l'autre en évitant les nuisances sonores existants dans la rue principale. Les mesures prises à l'extérieur ont montré une moyenne de 75 dBA. Entre les bureaux côté cour (30dBA) et ceux côté rue (40 dBA), il y a un écart de 10dBA en fonctionnement normal, qui peut atteindre 20 dBA ou plus aux moments de pics de trafic<sup>119</sup>.

Pour le **siège GSW**, la demande du client d'avoir un espace flexible, qui peut fonctionner avec tous les types de configurations (circulation centrale, bureaux de chaque côté, circulation périphérique ouest ou est et bureaux de l'autre côté, open space) n'est pas facilement compatible avec une ventilation traversante et la réglementation sécurité incendie pour les IGH. Les différents cheminements des flux d'air ont dû être pensés de manière intelligente pour garantir le confort de l'utilisateur dans les différents scénarii. La conception de la façade Est, en double peau fine a été revue pour répartir de manière uniforme les grilles de

<sup>118</sup> Barriers to Natural Ventilation Design of Office Buildings National Report: Great Britain, THE EUROPEAN COMMISSION, July 1998

<sup>119</sup> NatVent Detailed Monitoring Report Canning Crescent Centre (GB2) Vina Kukadia, James Pike, Martin White, p.8

prises d'air tout en assurant son design. Des panneaux assurant la ventilation ont été développés dans le cadre du projet en respectant en même temps un degré CF identique à la porte E90 et un affaiblissement acoustique identique aux cloisons de compartimentage.

Dans le cadre du centre BRE, le critère de performance conforme au programme était d'atteindre une réduction de 30% de l'énergie consommée, par rapport aux bâtiments basse énergie contemporains. Les objectifs spécifiques de consommation d'énergie étaient :

- total Electricité 36kWh/m<sup>2</sup> dont
  - éclairage artificiel 9 kWh/m<sup>2</sup>,
  - climatisation 2-3,5 kWh/m<sup>2</sup>,
  - ventilation mécanique 0,5 kWh/m<sup>2</sup>
  - électricité générale 23 kWh/m<sup>2</sup>
- gaz 47kWh/m<sup>2</sup>

La consommation d'énergie annuelle totale réelle (mesurée) est supérieure de 60 % aux prévisions, avec une consommation totale annuelle globale de 144 kWh/m<sup>2</sup> en 1998.<sup>120</sup>

### III.3 Arbitrages et erreurs dans la conception

Dans certains cas, ce sont des choix de conception qui peuvent nuire à la qualité globale du projet.

Dans le cadre du **projet GSW**, pour réaliser la surventilation nocturne, les dalles ont été gardées apparentes en plafond afin d'assurer une bonne masse d'inertie du bâtiment.

Or, d'un point vue acoustique, les dalles en béton apparent réagissent comme une surface réfléchissante pour la propagation du son à l'intérieur du plateau. De plus la double façade détériore aussi l'acoustique.

*" Il y a certains effets acoustiques liés à la double façade. D'une part, la double façade réduit le bruit de l'extérieur, ce qu'on appelle le bruit de masquage. D'autre part, la double façade réfléchit le bruit produit dans le bâtiment. La double peau canalise le son entre les sols, en particulier verticalement, mais aussi horizontalement. Mais cela a été accepté dans le processus de conception et s'est également avéré acceptable après l'occupation. Vous perdez le bruit de fond, mais le bruit direct est augmenté".*<sup>121</sup>

---

<sup>120</sup> [210\\_gb1.pdf \(bre.co.uk\)](#)

<sup>121</sup> Tommy Kleiven, Natural Ventilation in Buildings Architectural concepts, consequences and possibilities, 2002, entretien avec J. L. Young, Sauerbruch Hutton Architects, p. 115

Des matériaux avec des propriétés absorbantes ont été proposés en compensation : sol en moquette et des panneaux de compartimentage avec une bonne performance acoustique.

Les réglementations sécurité incendie se sont avérées compliquées à respecter en utilisant la ventilation naturelle. Dans le cadre du même projet, une attention particulière a été accordée dans la conception de la façade en double peau et des panneaux pour la prise d'air sur la façade en ce qui concerne leur protection au feu. La réglementation sécurité incendie impose d'interrompre le passage d'air dans la double peau afin d'empêcher la propagation du feu et de la fumée d'un étage à l'autre.

Les ingénieurs ont travaillé avec les pompiers pour montrer à travers de simulation CFD qu'en cas de départ de feu la fumée ne va pas se propager d'un étage à l'autre et qu'elle va être évacuée par le haut. La solution était de prévoir d'un part une peau extérieure en vitrage simple qui va se casser en cas d'une température forte pour évacuer de la chaleur et d'une autre part de prévoir sur la peau intérieure une allège pleine avec une résistance CF 1h qui fait office de C+D et un double vitrage avec un CF identique. En cas de départ de feu, les fenêtres ouvrantes asservies au système SI seront fermés automatiquement.

Dans le cadre du **projet Canning Crescent**, les dimensions standards des grilles d'extraction et de ventilation dans chaque local ne semblent pas prendre en compte les différences de surface : même taille pour une salle de réunion ou un petit bureau. Pendant les mesures prises sur site dans le cadre du projet NatVent, les ingénieurs ont comparé les flux d'air qui passent réellement à travers les grilles, 2-3 vol/h avec une valeur absolue obtenue grâce au calcul théorique de 8 vol/h.<sup>122</sup>

Ce taux de renouvellement théorique ne prend pas en compte les obturations éventuels dans les conduits, ni les pertes des pressions. Cette différence importante montre que les calculs spécifiques n'ont pas été faits pour chaque local, mais plutôt dans la globalité du projet.

### III.4 L'usage

Les difficultés du fonctionnement correct de la ventilation naturelle peuvent tout simplement provenir d'un mauvais usage.

Dans le cadre du **projet Canning Crescent**, les usagers ont complété des questionnaires et ils étaient interrogés. Pendant l'hiver, ils se sont plaint des flux d'air froid arrivés par les grilles d'extraction. Pour traiter ce problème, ils ont bloqué les grilles de ventilation avec des cartons et de films en plastique.

---

<sup>122</sup> [PROBE-building \(BE1\) \(bre.co.uk\)](#), p. 7

Pendant l'été, la plainte principale était liée à la surchauffe du bâtiment. Des investigations ont été faites pour comprendre les raisons : le contrôle du registre central n'a pas été maîtrisé, dû à une signalétique ambiguë : 0 pour ouvert et 100% pour fermé. L'accès au registre étant restreint, le diaphragme de réglage n'a pas été gardé ouvert pendant la nuit. Cela n'a pas permis de surventiler et d'évacuer la chaleur stockée dans la masse du bâtiment pendant la journée. Les usagers ont reproché le fait que le système ne répondait pas assez rapidement à leurs différentes demandes.

En plus du système de chauffage, les occupants ont ramené des radiateurs électriques supplémentaires qu'ils ont interféré avec les thermostats du système central à gaz, en créant des arrêts non maîtrisés.

Concernant le **siège GSW**, le fait d'avoir une grande flexibilité de compartimentage des bureaux, a créé une incompréhension sur le fonctionnement de la ventilation naturelle pour les usagers, surtout qu'en première année d'exploitation le système GTB n'a pas été finalisé. L'exploitant n'as pas mis à la disposition des usagers une notice qui explique le fonctionnement du bâtiment et le rôle de chaque type de fenêtre.

Les employés ont choisi en premier temps de déménager dans l'ancienne tour de bureaux. Ils ont changé d'avis pendant l'été quand ils ont découvert le confort fourni par la surventilation de nuit dans la nouvelle tour.

### **III.5 La maintenance**

Dans le cadre du **projet Canning Crescent**, à cause d'une mauvaise maintenance des diaphragmes de réglages, elles sont restées coincées en position fermée ou ouverte qui fait que le contrôle manuel du registre ne fonctionne plus. Ce dysfonctionnement est une de possible source pour les arrivées des flux d'air froid en hiver : un effet de cheminée inversé qui fait rentrer l'air froid dans le bâtiment Le chemin d'accès en haut des cheminées n'offre pas des bonnes conditions de sécurité pour gérer la maintenance du système.

## Conclusion

Construire des bâtiments ventilés naturellement en milieu urbain entraîne des contraintes qui sont spécifiques à chaque micro-climat. En effet, les conditions climatiques du site sont influencées par le gabarit et l'orientation des rues, la géométrie et les matériaux des bâtiments qui l'entourent, la présence de la masse végétale.

La ventilation naturelle étant basée sur les flux d'air à l'intérieur du bâtiment et ayant la double fonction de régulation de la température et de l'assainissement de l'air, elle est en conflit, comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, avec des nuisances se propageant dans l'air comme le bruit et la pollution extérieure.

A l'échelle de la ville, des solutions peuvent être apportées par les pouvoirs publics dans la gestion du trafic, des espaces verts, de la conception des espaces publics etc. Cette gestion a un impact direct sur la qualité de l'air que nous respirons et que nous ramenons à l'intérieur de nos bâtiments, ainsi que sur le niveau de pollution sonore. Un projet architectural hérite de cet environnement.

Nous avons pris trois exemples de projets, situés en Angleterre et en Allemagne. Chacun d'eux ont adopté une stratégie de ventilation différente, et nous avons dégagé des pistes de conclusion quant à leur efficacité. D'un point de vue de la ventilation hygiénique, la qualité de l'air résultant d'une ventilation entièrement naturelle ne paraît pas, dans ces cas choisis, satisfaisante pour les usagers. D'autre part, dans le cas du centre psychiatrique, elle peut créer, quand elle n'est pas couplée avec un système mécanique, un inconfort thermique pendant la période hivernale. Néanmoins, nous constatons que cette technique est très efficace pour réguler la température en été.

Après avoir analysé les systèmes de ces trois projets et présenté les données attestant de leur efficacité à remplir leur fonction primaire, nous nous sommes penchés sur toutes les conditions favorables et défavorables à la mise en place de ceux-ci. Le but n'était pas d'en tirer une conclusion générale sur la faisabilité de ce procédé, mais de mettre en évidence les défis que les acteurs de ces projets ont pu relever, ainsi que de montrer des problématiques importantes bien que sous estimées, comme la question de l'usage ou de la maintenance.

Dans le contexte du réchauffement climatique et d'un monde à deux vitesses ou nous continuons à construire des aberrations écologiques comme les stades climatisés de la coupe du monde, maîtres d'ouvrage, usagers, architectes, bâtisseurs, l'ensemble des acteurs du bâtiment doivent comprendre les enjeux et s'armer des outils nécessaires pour un développement raisonné. Cependant, il faut aussi connaître les limites de ceux-ci afin de les utiliser au mieux en évitant des situations contre productives.

En effet, il me semble, après ce travail qui ne rend évidemment pas compte de l'ensemble des techniques disponibles actuellement, que le choix pour la ventilation naturelle

ne peut être fait dans n'importe quel type de site et tout au long de l'année. Je pense qu'il faut trouver le bon arbitrage entre l'usage de la ventilation naturelle, de la ventilation mécanique ou des systèmes hybrides, qu'il convient à prescrire pour les différents objectifs, développer le bon système au bon endroit. Les solutions mécaniques ont un réel intérêt quand les contraintes du site ne permettent pas l'intégration totale ou partielle de la ventilation naturelle.



## Bibliographie

### Thèse de doctorat

Mansouri Yasmine, *Conception des enveloppes de bâtiments pour le renouvellement d'air par ventilation naturelle en climats tempérés Proposition d'une méthodologie de conception*, Ecole d'architecture de Nantes, thèse de doctorat, 2003

Tommy Kleiven, *Natural Ventilation in Buildings Architectural concepts, consequences and possibilities*, Norwegian University of Science and Technology Faculty of Architecture and Fine Art, march 2003 p. 83-127

### Livres

Chatelet, A.-M. (1999). *La naissance de l'architecture scolaire, les écoles élémentaires parisiennes de 1870 à 1914*. Paris : Honoré Champion, p.275

*Natural Ventilation in the Urban Environment, Assessment and Design*, march 2005, edited by Francis Allard, Cristian Ghiaus

### Articles

Francis Allard, Christian Ghiaus "Natural ventilation in high density cities", 2010

*Guide bio tech, Ventilation naturelle et mécanique*, Arène en partenariat avec ICEB, 1<sup>er</sup> trim 2012

T.K. Wai, H.C. Willem, in *Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition)*, 2011

Charabi Y. , *L'îlot de chaleur urbain de la métropole lilloise : mesures et spatialisation*. Thèse de doctorat, Université de Lille, 2000, p.247

G. Najjar, P.P. Kastendeuch, N. Ringenbach, J.R. Collin, M.P. Stoll, F. Nerry, J. Bernard, A. De Hatten, R. Luhahe, D. Viville, *Bilan radiatif et d'énergie dans un canyon urbain*, *Climatologie volume 2*, page 7

*Air quality and health in cities, a state of global report in cities, 2022*, rédigé par Health Effects Institute et Institute for Health Metrics and Evaluation's Global Burden of Disease project

Brown, D. J. (2000) *The Arup Journal (Millennium issue 3)*, Vol. 35 No.2 Ove Arup Partnership Ltd, London.  
*Barriers to Natural Ventilation Design of Office Buildings National Report: Great Britain*, THE EUROPEAN COMMISSION, july 1998

### Site

[210\\_gb1.pdf \(bre.co.uk\)](#) NatVent

[211\\_gb2.pdf \(bre.co.uk\)](#) NatVent

[PROBE-building \(BE1\) \(bre.co.uk\)](#) NatVent

[PROBE-building \(BE1\) \(bre.co.uk\)](#) NatVent

[La ventilation naturelle – Ademe](#)

[2022-soga-cities-report.pdf \(stateofglobalair.org\)](#).

<https://www.guidebatimentdurable.brussels/>

<https://mjparchitects.co.uk/>

[Weather London - meteoblue](#)

[Wood Green Community Mental Health Centre – Atelier Ten](#)


[BRE Environmental Building Watford UK - Environmental Control \(northernarchitecture.us\)](#)

[https://www.new-learn.info/packages/euleb/en/p6/index\\_3.html](https://www.new-learn.info/packages/euleb/en/p6/index_3.html), s.d.

*BRE's Environmental Building*

*BRE Office - Ventilazione (new-learn.info)*

*sauerbruch hutton - GSW Headquarters*

* GSW Headquarters - Data, Photos & Plans - WikiArquitectura*

*Labels HQE, LEED, BREEAM : que signifient-ils, que valent-ils ? - Alsbom*