



La Bibliothèque nationale de France et la métropole durable

COP21
PARIS 2015

(BnF)

DOMINIQUE PERRAULT
ARCHITECTURE

DPA

SAINT-GOBAIN

La Bibliothèque nationale de France et la métropole durable

COP21
PARIS 2015



L'année 2015 est avant tout rythmée par l'échéance de la Conférence of Parties #21, qui se tiendra à Paris en décembre et devra aboutir à un accord international historique. En marge des négociations entre États, la société civile pourra se saisir de cette opportunité pour s'inscrire dans «l'agenda des solutions» qui recense les initiatives privées répondant à deux préoccupations fondamentales liées au réchauffement climatique: **l'atténuation et l'adaptation.**

Avant-propos	p. 05
Introduction	p. 06
Times are changing	p. 10
1989 – 2015 – 2035	p. 22
Terre	p. 26
Ciels	p. 36
Étude Saint-Gobain	p. 46
Conclusions	p. 60



À la demande de la Bibliothèque nationale de France, l'agence Dominique Perrault Architecture s'est engagée à mener une étude prospective qui ausculte les performances thermiques des composantes de la Bibliothèque – le socle et l'enveloppe des quatre tours – et propose des pistes d'optimisation. En arrière-plan, dans le cadre de la COP21, il s'agit de resserrer plus encore le lien entre ce monument national et la métropole.

Cette réflexion prospective s'appuie notamment sur une étude menée expressément par le groupe Saint-Gobain et le BET Étamine. Plutôt que de traiter séparément les aspects architecturaux et techniques en jeu, nous nous sommes efforcés de les croiser et de les faire fonctionner ensemble, pour garantir tant la pertinence de la stratégie que la possibilité de sa mise en œuvre.



D'une conversation entre Dominique Perrault et moi au printemps dernier est née l'idée de cette plaquette.

Alors que se préparait une conférence internationale on l'espère décisive sur le climat, le moment n'était-il pas propice pour envisager les moyens de «verdir» la Bibliothèque nationale de France, dont les quatre tours se sont imposées dans le paysage parisien ?

On se souvient des polémiques, qui, voici vingt-cinq ans, prédisaient que «le soleil brûlerait les livres» entreposés dans leur écrin

de verre. Les progrès accomplis depuis lors dans les matériaux permettent d'entrevoir des solutions naguère irréalistes.

Cette étude en esquisse une, et je remercie Dominique Perrault, en s'appuyant sur une technologie développée par Saint-Gobain, de la soumettre à notre réflexion.

L'utopie d'hier peut-elle devenir la réalité de demain ? C'est tout l'enjeu auquel est confrontée notre planète. Il concerne chacun de nous, et la BnF n'entend pas s'y dérober.

Bruno Racine



La COP21, rendez-vous mondial de l'environnement qui se tiendra du 30 novembre au 11 décembre prochain à Paris, fournit un prétexte idéal pour réfléchir aux évolutions potentielles de la Bibliothèque nationale de France.

Ouverte au public en décembre 1996, la BnF est désormais bien installée dans le paysage de Paris et des Parisiens: repère urbain, monument républicain, archives du savoir, lieu d'études, etc., son intégration dans le territoire, dans l'imaginaire et dans le quotidien est indéniable. Mais, dans un contexte de limitation des ressources énergétiques, il est nécessaire de renforcer les performances techniques de certaines de ses composantes, de même que la programmation fonctionnelle doit anticiper et accompagner les nouvelles pratiques liées à l'ère numérique, à l'économie du partage et aux nouvelles modalités de travail.

Prenant appui d'une part sur une relecture des principes architecturaux et urbains fondateurs et, d'autre part, sur une étude technique menée par Saint-Gobain, la présente réflexion s'efforce de révéler les qualités des espaces en matière de durabilité et d'esquisser des

manières de les accroître. Le lecteur le notera, les pistes envisagées sont endogènes au projet; en d'autres termes, elles reprennent et développent des idées initiées lors du concours et laissées de côté au fil des nécessaires évolutions du projet, tel le haut-de-jardin traité en *agora*, ou la transparence variable de la façade des tours.

Terre et ciel, tels pourraient être décrites les composantes de la Bibliothèque nationale que sont les espaces de lecture ceignant le jardin et les tours, réceptacles des ouvrages. Par-delà la dimension poétique, cette désignation évoque très clairement les identités distinctes de chacune et, au passage, accrédite le dédoublement de notre stratégie: chacune de ces composantes fait l'objet d'un diagnostic et d'un traitement spécifique, selon ses qualités et ses potentialités propres.

Il ne s'agit donc pas de se saisir de quelques notions dans l'air du temps et de conformer les espaces de la BnF à celles-là, mais plutôt de révéler et d'accomplir quelques-uns des principes fondant le projet, qui se soucient dès 1989 de la durabilité des espaces.

Dominique Perrault





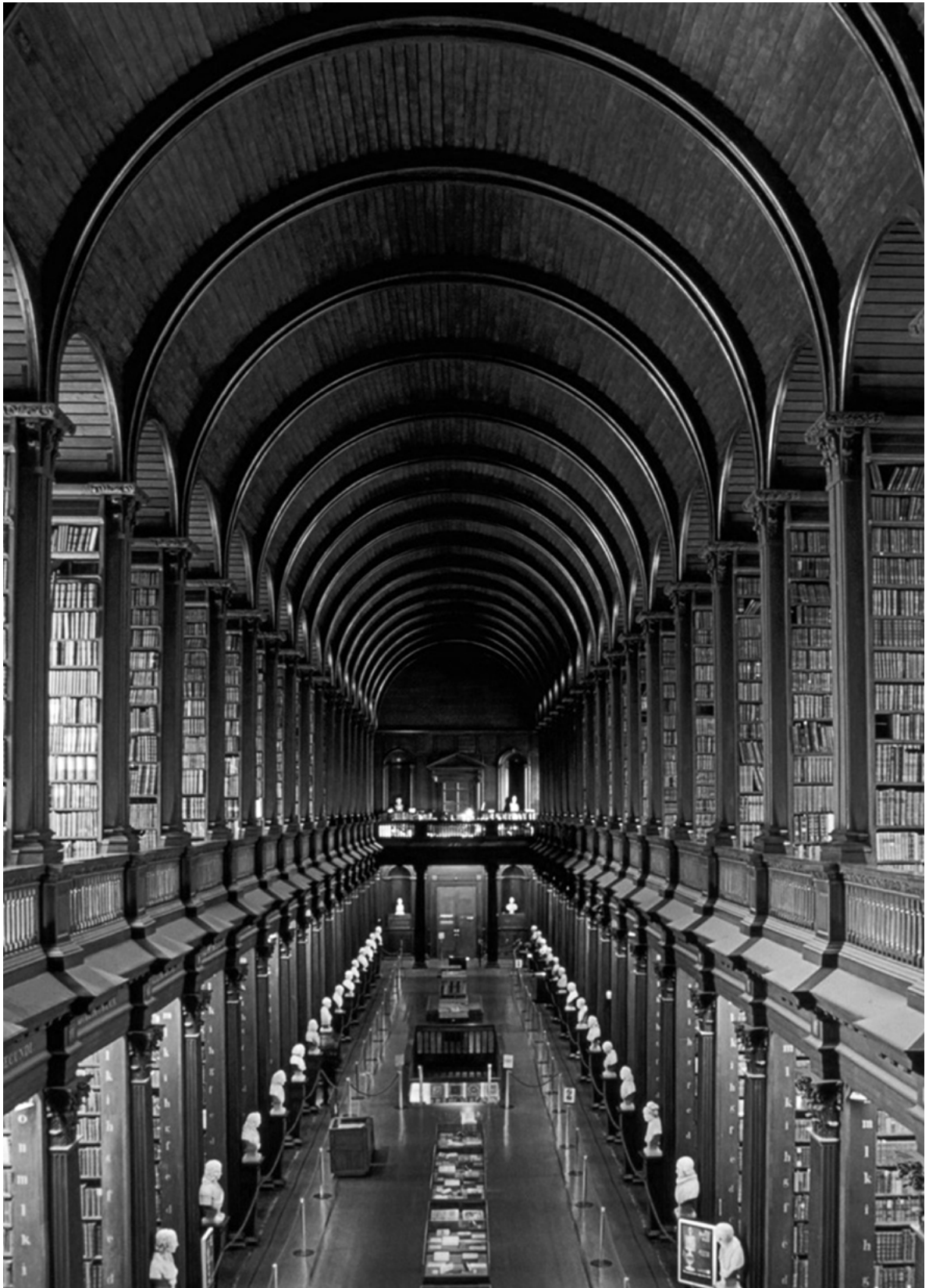
//THE TIMES

A-CHAI

**S THEY ARE
NGIN"**

BOB DYLAN, 1964

"THE TIMES THEY ARE A-CHANGIN"



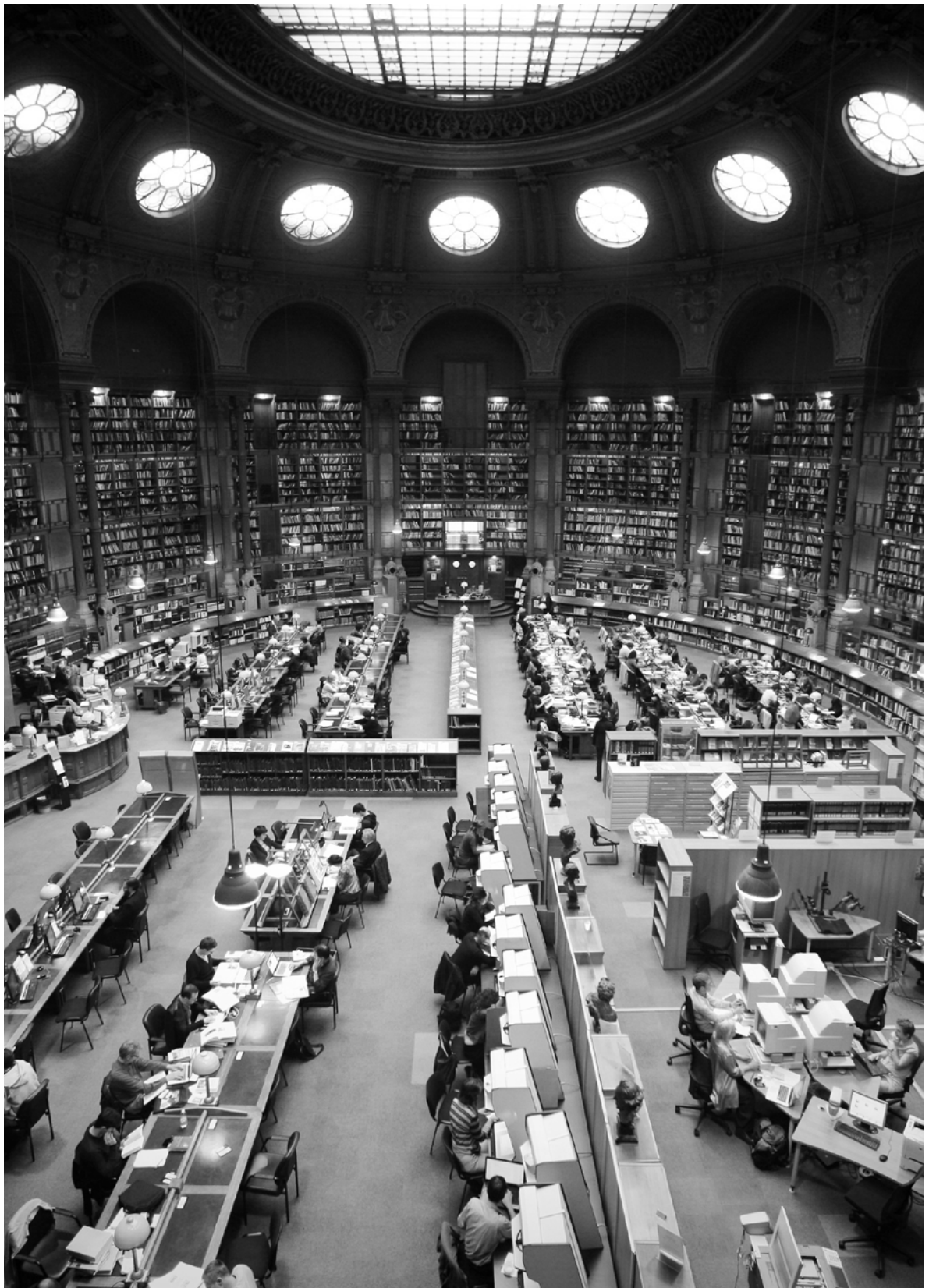
The Long Room, Trinity College, Dublin

"THE TIMES THEY ARE A-CHANGIN"



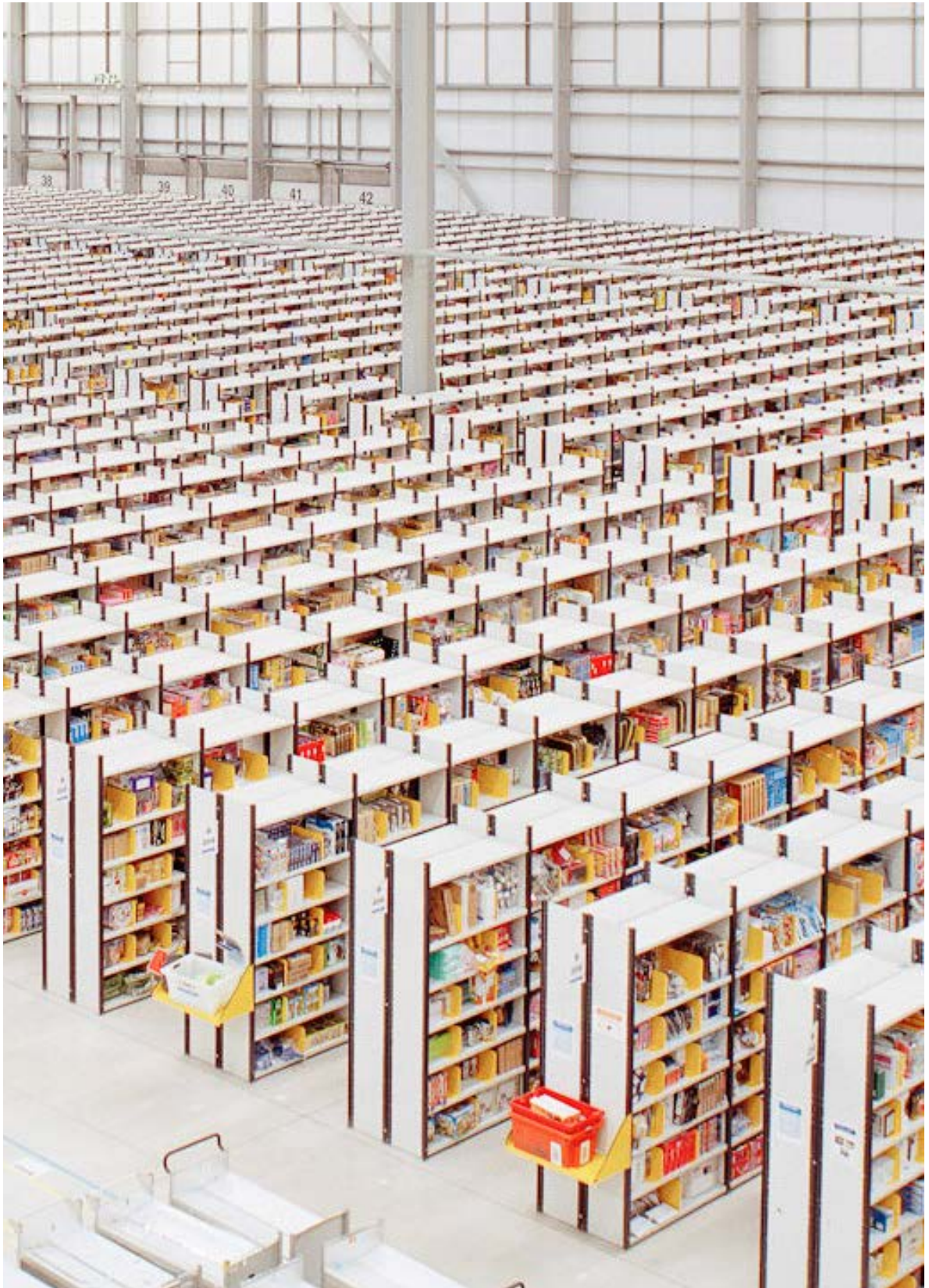
Salle de serveurs

"THE TIMES THEY ARE A-CHANGIN'"



Salle Ovale, Bibliothèque nationale de France - Richelieu

"THE TIMES THEY ARE A-CHANGIN"



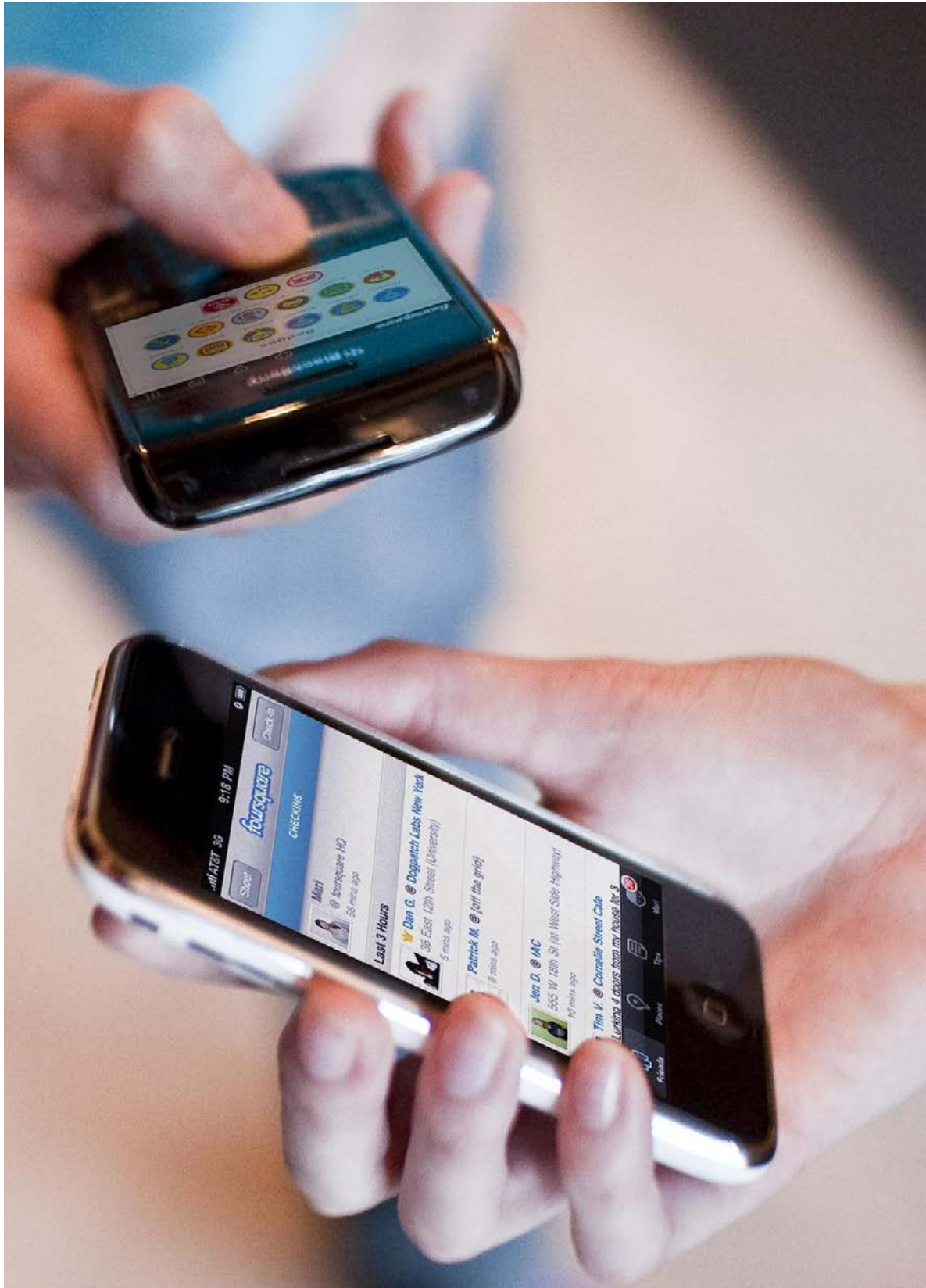
Rugeley Center, Amazon

"THE TIMES THEY ARE A-CHANGIN'"

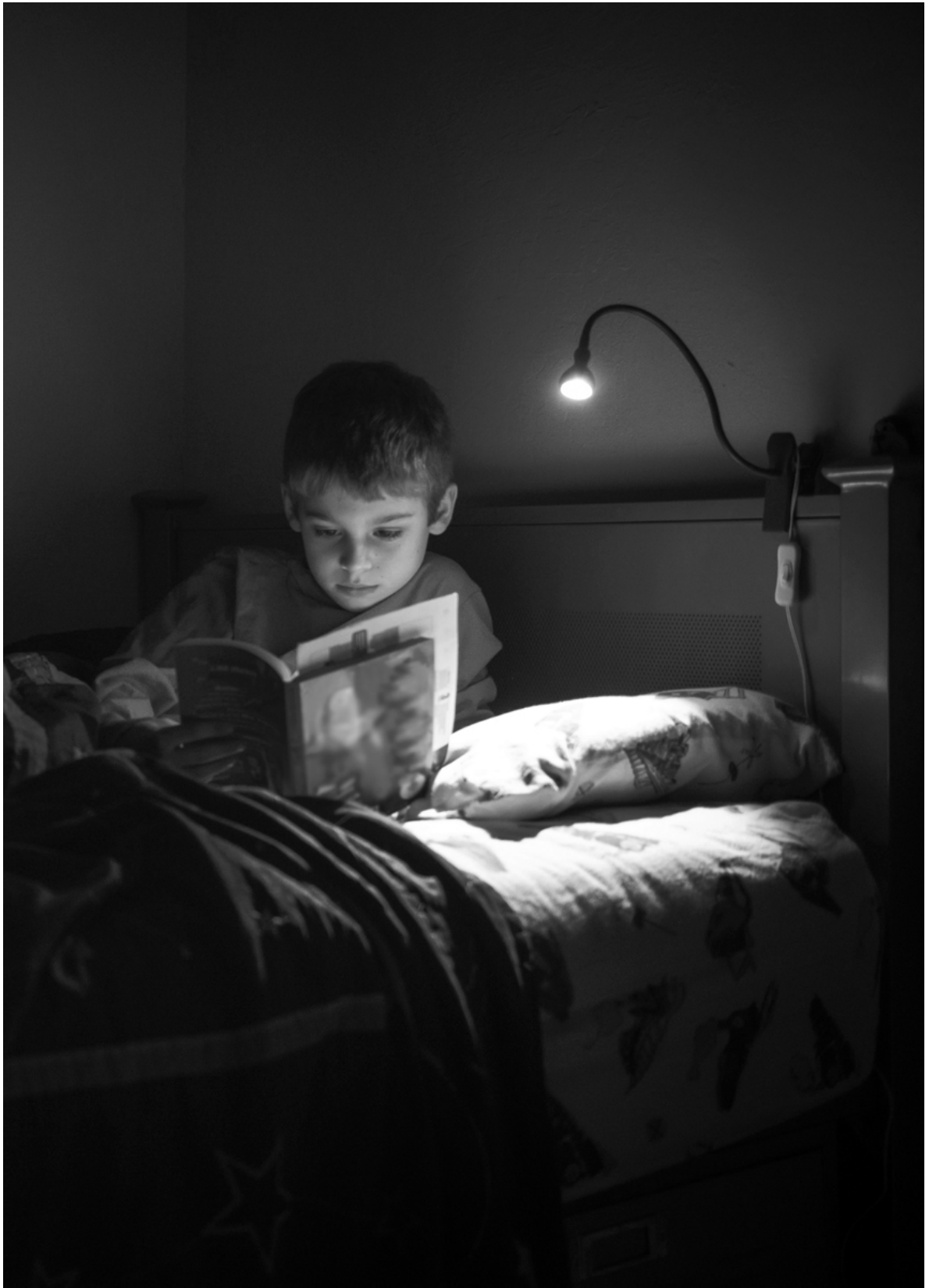


Le cercle des poètes disparus, Peter Weir, 1990.

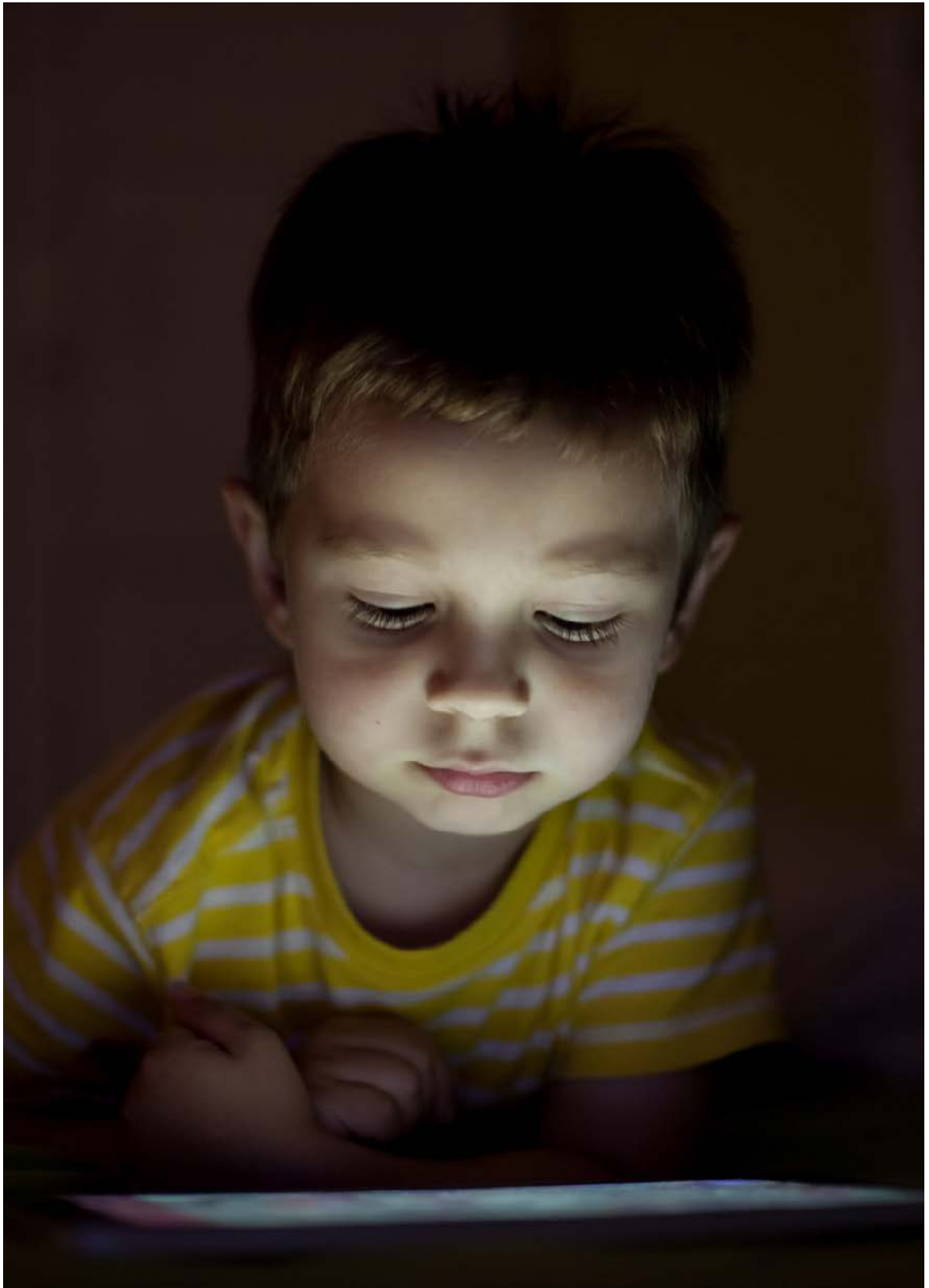
"THE TIMES THEY ARE A-CHANGIN'"



"THE TIMES THEY ARE A-CHANGIN'"



"THE TIMES THEY ARE A-CHANGIN'"

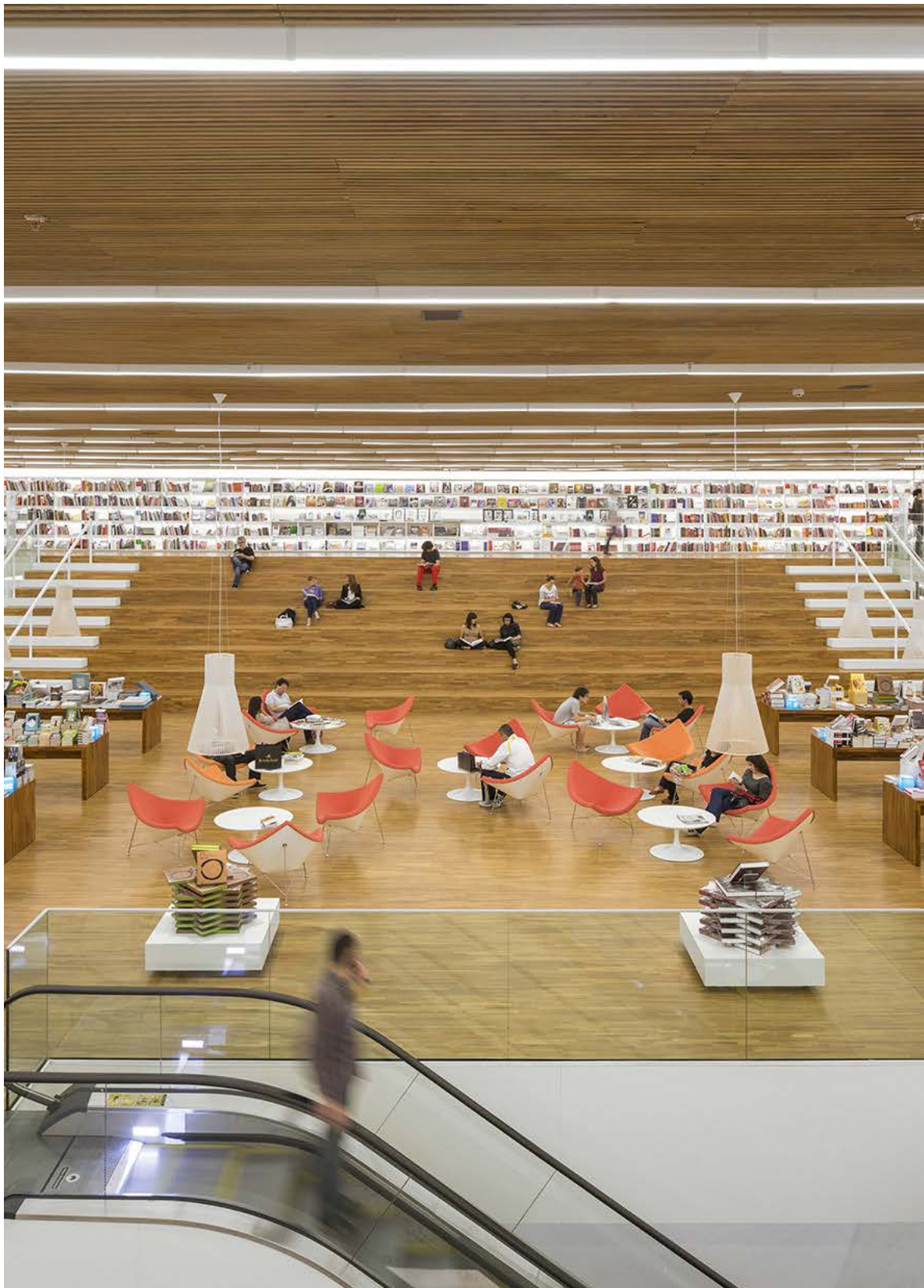


"THE TIMES THEY ARE A-CHANGIN"



Playtime, Jacques Tati, 1967.

"THE TIMES THEY ARE A-CHANGIN'"

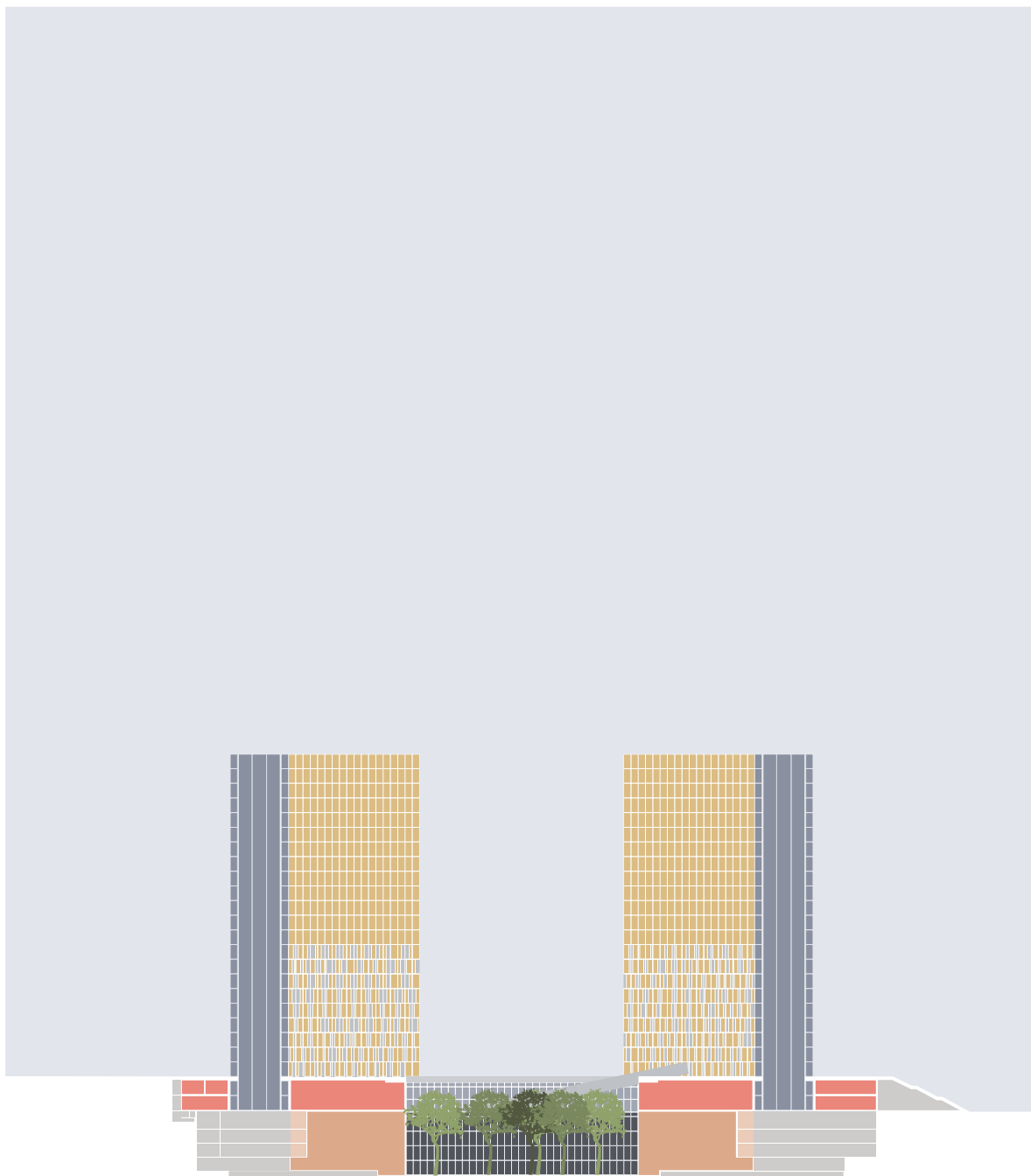


Livraria Cultura, São Paulo, arch. Studio MK27, 2012.

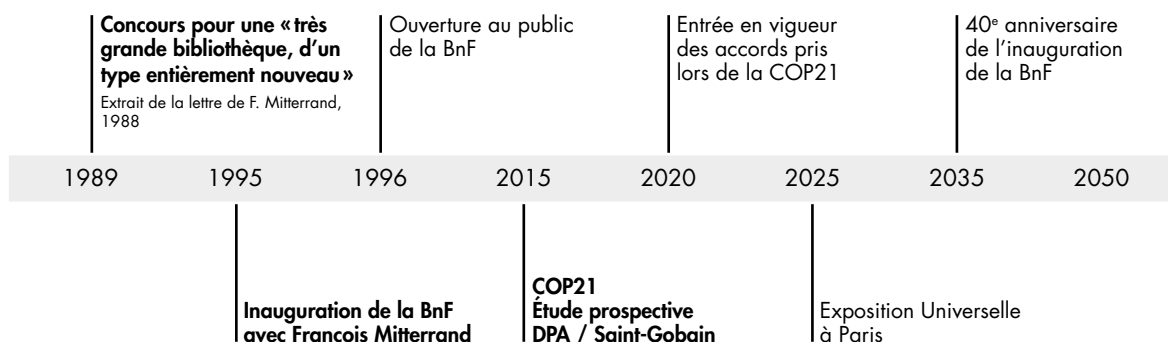
UNE RÉP

FLEXION

1989 – 2015 – 2035



Archives / Locaux techniques ● Haut-de-jardin
Salles de lecture ● Tours



Du fait de sa chronologie, la commande initiale se situait à la charnière entre deux paradigmes et deux typologies :

- la bibliothèque comme lieu de collection intensive et extensive, réservé aux seuls chercheurs, dont la bibliothèque nationale conçue par Labrousse au XIX^e constituait le parangon.
- la bibliothèque dématérialisée, liée aux campagnes de numérisation des ouvrages permettant une disponibilité immédiate et en tout lieu de l'ensemble du savoir.

De la commande de 1989 au fonctionnement actuel, le projet connaît de nombreuses mutations, qu'il s'agisse du programme comme des usages. Le haut-de-jardin est ainsi transformé en bibliothèque d'études, pour pallier les lacunes de l'offre parisienne, notamment universitaire. Le désir de produire un modèle ultime de bibliothèque nationale se révèle vain. En parallèle, le quartier environnant la BnF, inexistant lors du concours et du chantier, sort progressivement de terre.

La période courant de 1995 à 2015 est marquée par l'avènement du numérique, dont la forme ni l'ampleur n'étaient imaginables lors du concours. Les conséquences de la dématérialisation des supports et de la dissémination des informations s'expriment directement sur l'espace physique de la BnF, par la baisse de la fréquentation du rez-de-jardin et de l'usage des tours, tout en faisant rayonner plus largement l'institution.

Comme la COP21 peut-elle aider à auditer la BnF ?

Quelle serait la pertinence de la BnF en 2035, sa raison d'être ?

Quelles évolutions doivent être entreprises dès aujourd'hui ?

Au-delà du coup de projecteur braqué sur le thème de la durabilité, la COP21 fournit, par le vocabulaire qu'elle emprunte, une manière d'appréhender la durabilité. Cette terminologie, notamment les deux mots *atténuation* et *adaptation* rappelés dans le préambule de ce document, nous nous en servons à la façon d'un outil d'analyse, de questionnement : comment *atténuer* les conséquences du réchauffement climatique au sein de la BnF ? Et comment *adapter* les espaces de la BnF, dans leur variété typologique, à celles-là ?

Les propos présentés sur les pages suivantes s'attachent à avancer des éléments de réponse, en se calquant sur un découpage spatial et sur une chronologie clairs :

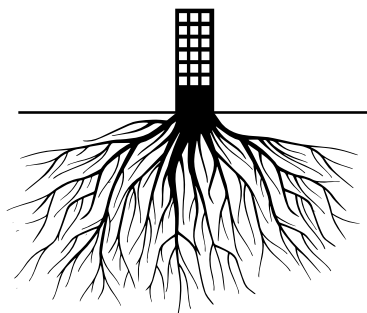
- distinction entre la *terre*, c'est-à-dire le socle composé du haut et du rez-de-jardin, les espaces techniques, le jardin et le *ciel*, c'est-à-dire les quatre tours. Poétique et pratique, ce découpage met en lumière les spécificités de chaque espace et le contraste des identités coexistantes.

- trois jalons temporels : l'année du concours, où est fondé le projet, aujourd'hui, état des lieux corrélé à la COP21, et l'horizon de 2035, correspondant au quarantième anniversaire de l'inauguration de la BnF.





TERRE



« [L'édifice] se creuse dans le sol comme pour y chercher le silence et la paix. Dans un mouvement opposé, il dresse fermement ses tours et affirme la présence du lieu au cœur de la cité. Entre ciel et terre, il déploie l'esplanade ouverte à tous, vaste espace public d'échanges et de rencontres dont les nouveaux quartiers sont trop souvent privés. »

François Mitterrand

Président de la République française

Paris, 12 janvier 1995

GROUNDSCAPE

« En architecture, lorsque l'on veut séparer le dehors du dedans, on construit des murs surmontés d'un toit qui formeront une ligne entre deux milieux, l'un ouvert, l'autre fermé.

Il en va de même lorsque l'on veut représenter l'indépendance entre l'air et la terre. En traçant cette ligne qui sépare le dessus du dessous, nous utilisons un modèle de représentation du réel qui, *in fine*, exprime la seule chose qui n'existe pas.

Pourtant, c'est un modèle efficace puisqu'il correspond à la limite de notre vision.

Ainsi, nous percevons le paysage comme une surface alors qu'il masque un volume.

Ainsi, sous cette ligne de sol d'apparence simple, se cache un univers des possibles, de lieux inédits, existants ou à créer.

La surface de la planète ayant été livrée toute entière à notre connaissance, il s'agit là, dans le *groundscape*, du dernier espace à conquérir pour nos villes, qu'elles soient historiques ou métropolitaines.

Cette perception du dessous des villes dans un premier temps inquiète, car on l'imagine sombre, humide et peu confortable.

Mais si l'on passe de cette perception fantasmagorique à une autre, plus physique et sensorielle, le *groundscape* offre un puissant catalyseur des réseaux urbains, une inertie thermique naturellement idéale, un respect du paysage inégalé, une mise en valeur élégante de notre patrimoine architectural et une palette unique de lumières.

Plus encore, le *groundscape* est économiquement à portée de main car il renferme aussi et surtout une immense réserve de foncier. Pour les promoteurs, il ouvre la possibilité d'étendre

un bâtiment dans le respect de son environnement. Pour les pouvoirs publics, c'est une source majeure de revenu par la création de foncier.

Ce lieu de ressources nous permet d'intensifier la vie urbaine sans pour autant densifier la ville.

Pour bien montrer qu'il n'y a pas d'opacité dans le *groundscape*, nous voulons établir la valeur du souterrain et nous allons « retourner la table » pour présenter une approche de l'architecture par le dessous, par son système racinaire.

Le *groundscape* c'est un envers du monde, c'est ce que nous verrions en plongeant si le sol était tel l'océan et les villes telles des navires flottant à sa surface.

Le *groundscape* est un landscape d'une autre nature, qui prolonge celui-ci et élargit notre monde.

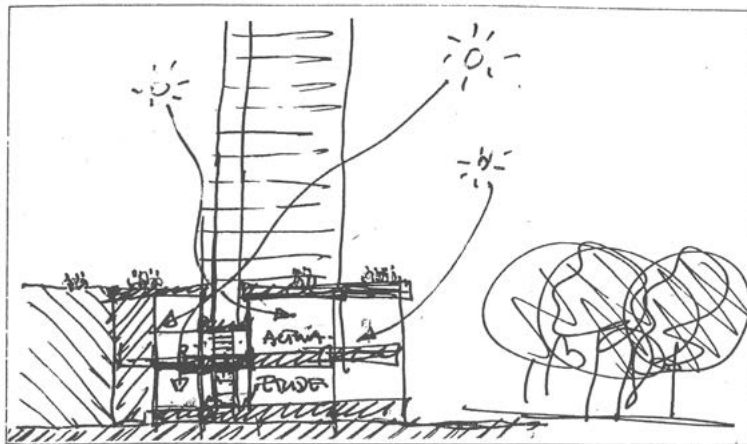
Le *groundscape* n'est pas nécessairement profond. Sa profondeur en est une mesure mais pas une définition.

Il ne s'agit pas de vivre sous terre, mais d'inscrire nos lieux de vie dans leur terre, dans cet épiderme du sol, dans sa couche superficielle, tout en restant ouverts sur le ciel. »

Dominique Perrault

2015

SOL



Croquis, 1990

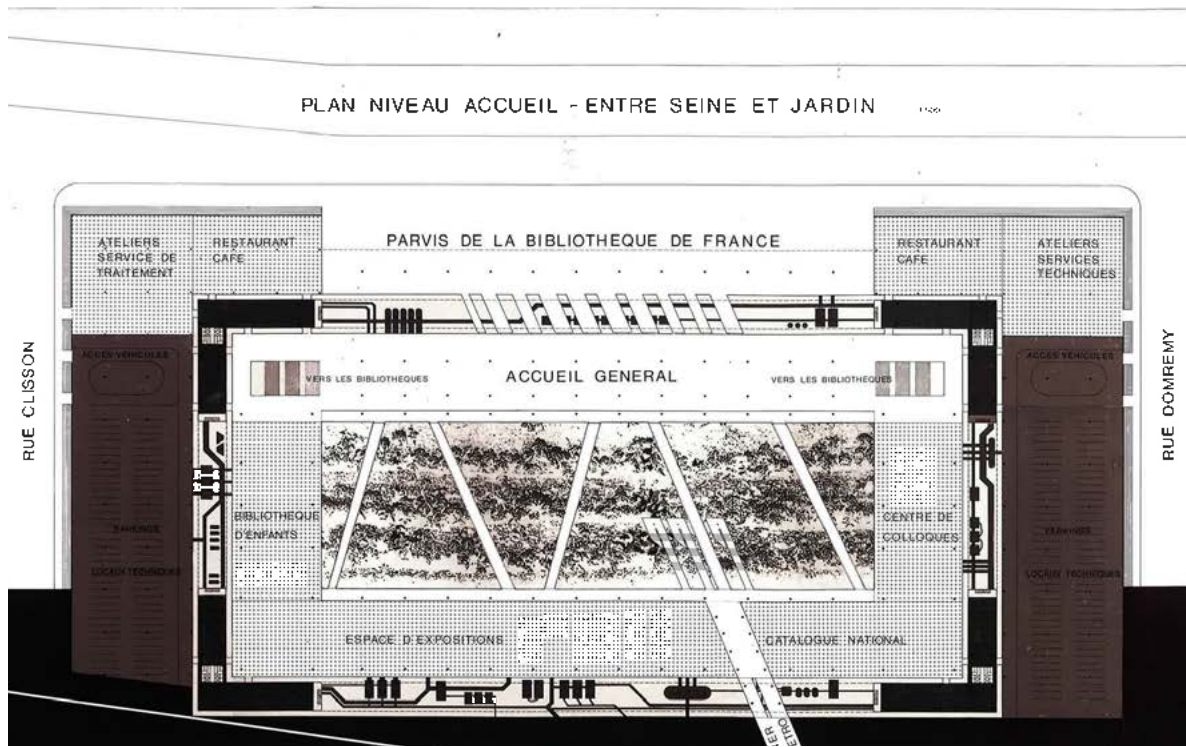


Planche de concours, 1989

« Du parvis de l'entrée principale ouvrant largement sur le fleuve, on trouve l'accueil général situé entre Seine et jardin.

Venant de la station RER, on convergera vers cet accueil unique et global, au travers du jardin, en passant sur les passerelles dans des arbres.

En contact direct avec le quartier, le niveau d'accueil et d'animation est essentiel pour l'intensité de la vie publique de la Bibliothèque de France.

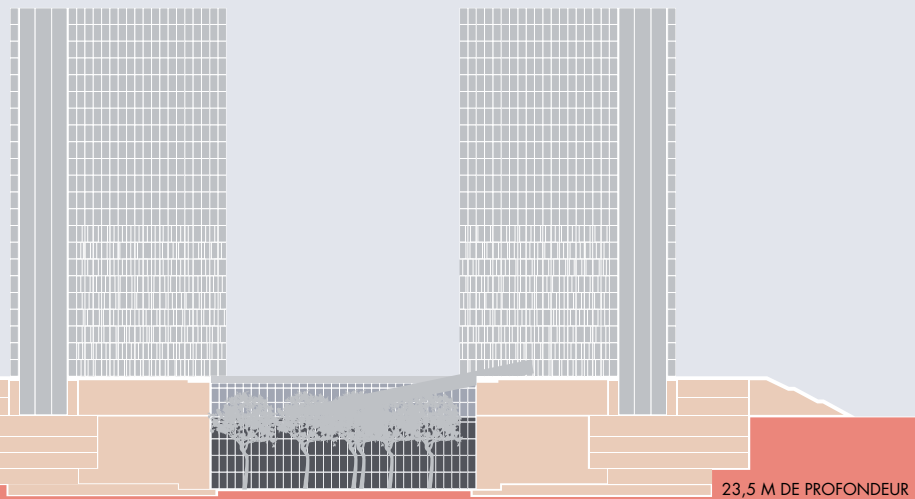
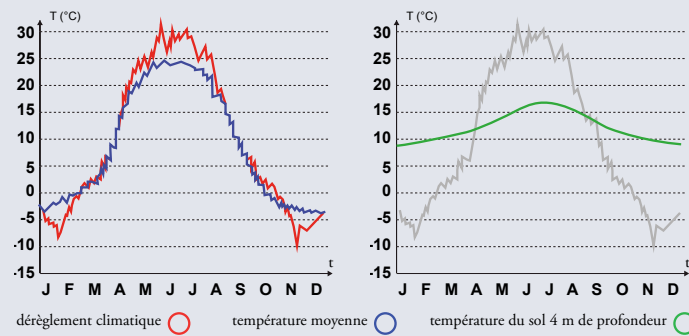
Tout ce réseau est tissé pour amener le lecteur, novice ou initié, vers le cœur de l'édifice, vers des lieux protégés et protecteurs.

Parcours initiatique allant du bruit vers le silence, de l'information de consommation à celle de sélection, une promenade qui plonge le lecteur dans un voyage exploratoire au sein du savoir de l'humanité.

Autour de ce jardin, les bibliothèques thématiques (actualité, son/image, étude, recherche) s'organisent sur plusieurs mezzanines dans un volume de grande hauteur. »

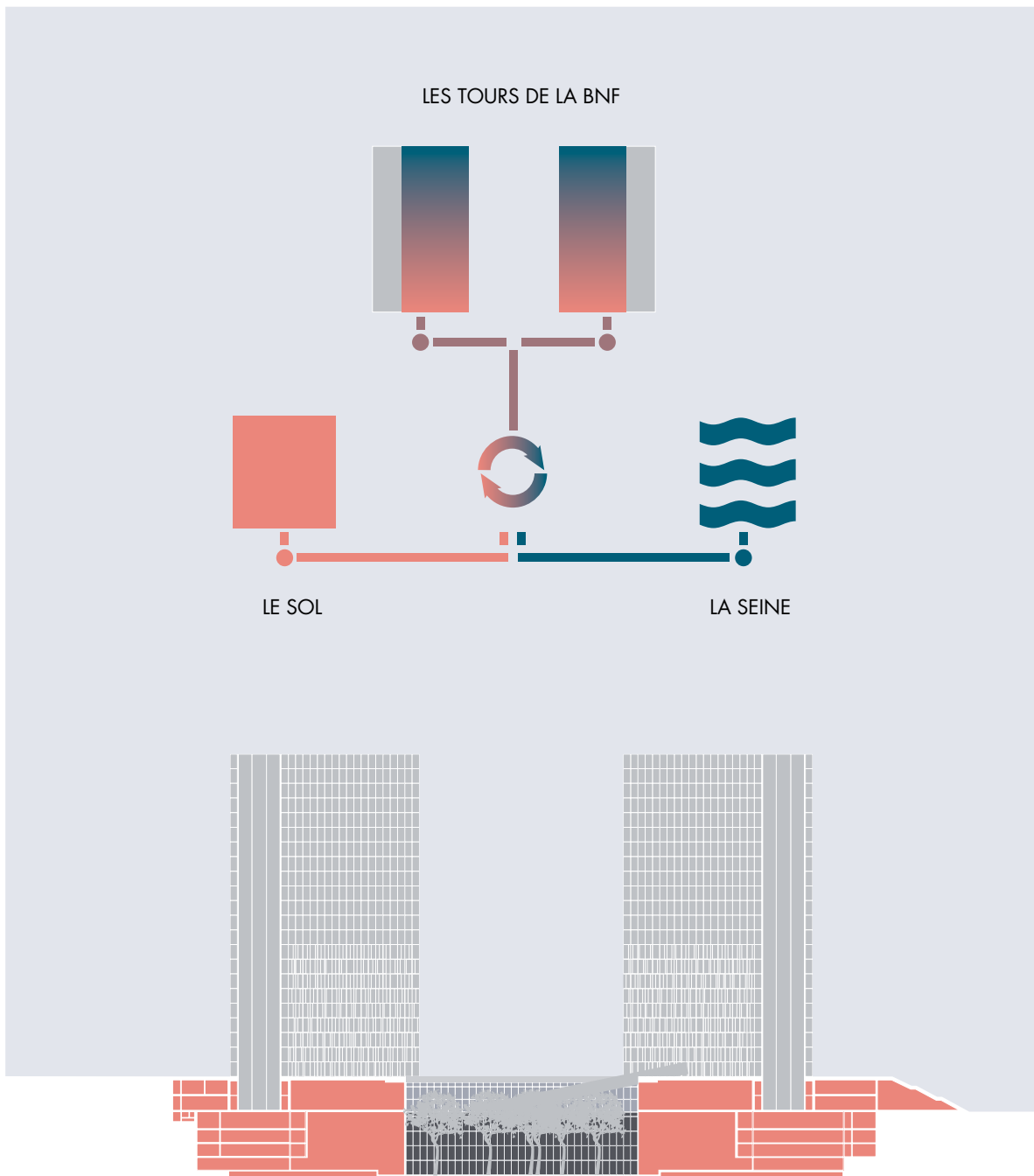
Dominique Perrault

1989



La BnF forme un exemple idéal pour démontrer que l'incrustation de certaines fonctions urbaines permet de densifier la ville en profondeur plutôt que d'en étendre la surface, favorisant au passage la protection des espaces naturels.

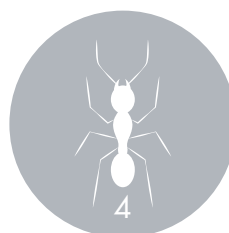
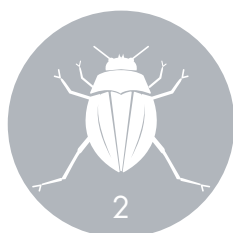
Les bâtiments insérés en sous-sol bénéficient d'une excellente inertie, permettant de lisser les besoins en énergie lors d'événements climatiques extrêmes (chaud et froid), dont la fréquence risque d'augmenter dans les prochaines décennies.



Ceinturant l'excavation gigantesque, première étape du chantier de la BnF, une paroi moulée a été construite pour assurer l'étanchéité des espaces, que la proximité de la Seine et la possibilité d'une crue importante rendent d'autant plus nécessaire.

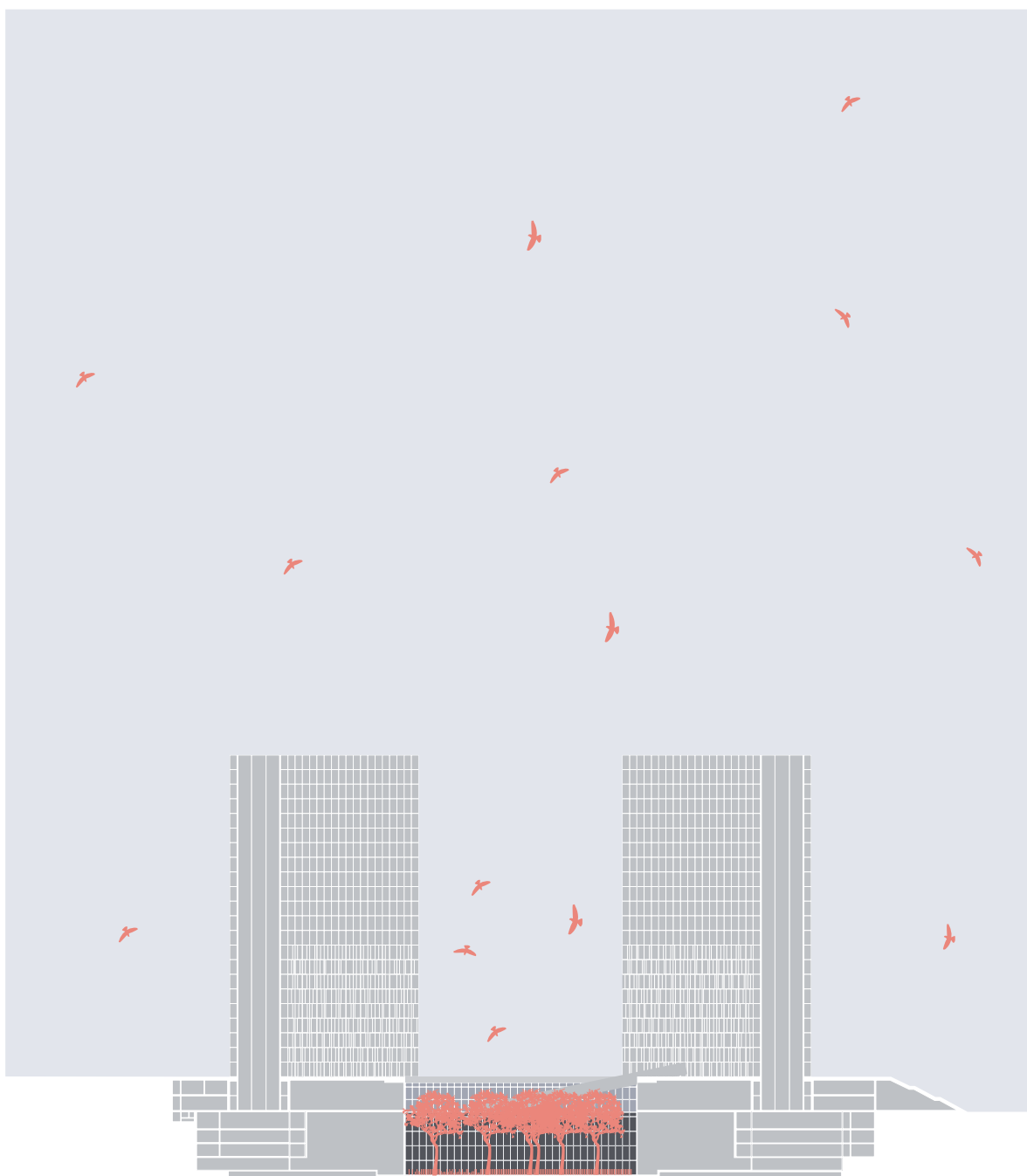
La production postérieure de l'agence DPA, du complexe olympique de Berlin (1999) à l'université féminine Ewha à Séoul (2008), a fourni l'occasion d'explorer et d'exploiter davantage l'interface sol-socle. Épaisse et évidée, cette surface de contact a progressivement gagné en complexité grâce à des études techniques approfondies. Ainsi, endosse-t-elle une multiplicité de rôles : tempérer l'air venant de l'extérieur, apporter de la lumière, etc. Le fonctionnement de ce véritable dispositif technique, au service du fonctionnement et des performances du bâtiment, a largement fait ses preuves.

JARDIN



« C'est un espace inaccessible, intouchable, un morceau de nature qui se régénère par lui-même. Une tentative de créer, dans la ville, le cycle de la vie naturelle. »

Dominique Perrault interviewé par Chantal Danon,
Lyon matin, le 18 avril 1995.



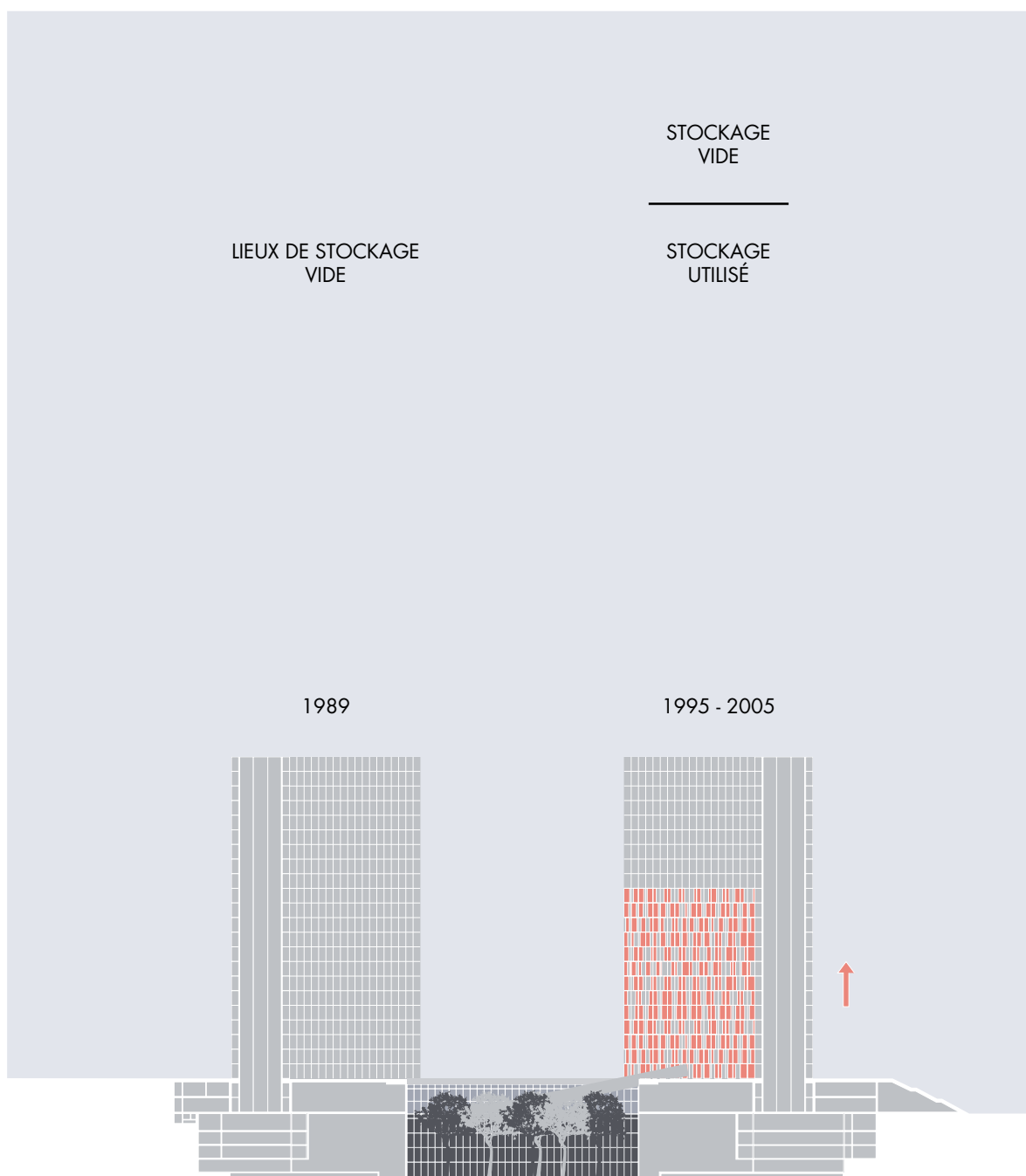
En plus d'offrir aux usagers un paysage serein et propice à la concentration, la situation du jardin de la BnF et sa fermeture au public en font un site intéressant pour la faune et la flore. On dénombre ainsi 58 espèces végétales certaines naturalisées, d'autres plantées. Une d'entre elles est protégée. Concernant la faune, 49 espèces animales sont répertoriées.

Cette tache de nature, gérée écologiquement, constitue un relais au fonctionnement écologique d'un quartier : les différentes espèces animales et végétales peuvent en effet « utiliser » temporairement ce site pour progresser dans la ville ou pour s'y installer plus définitivement.





CIELS



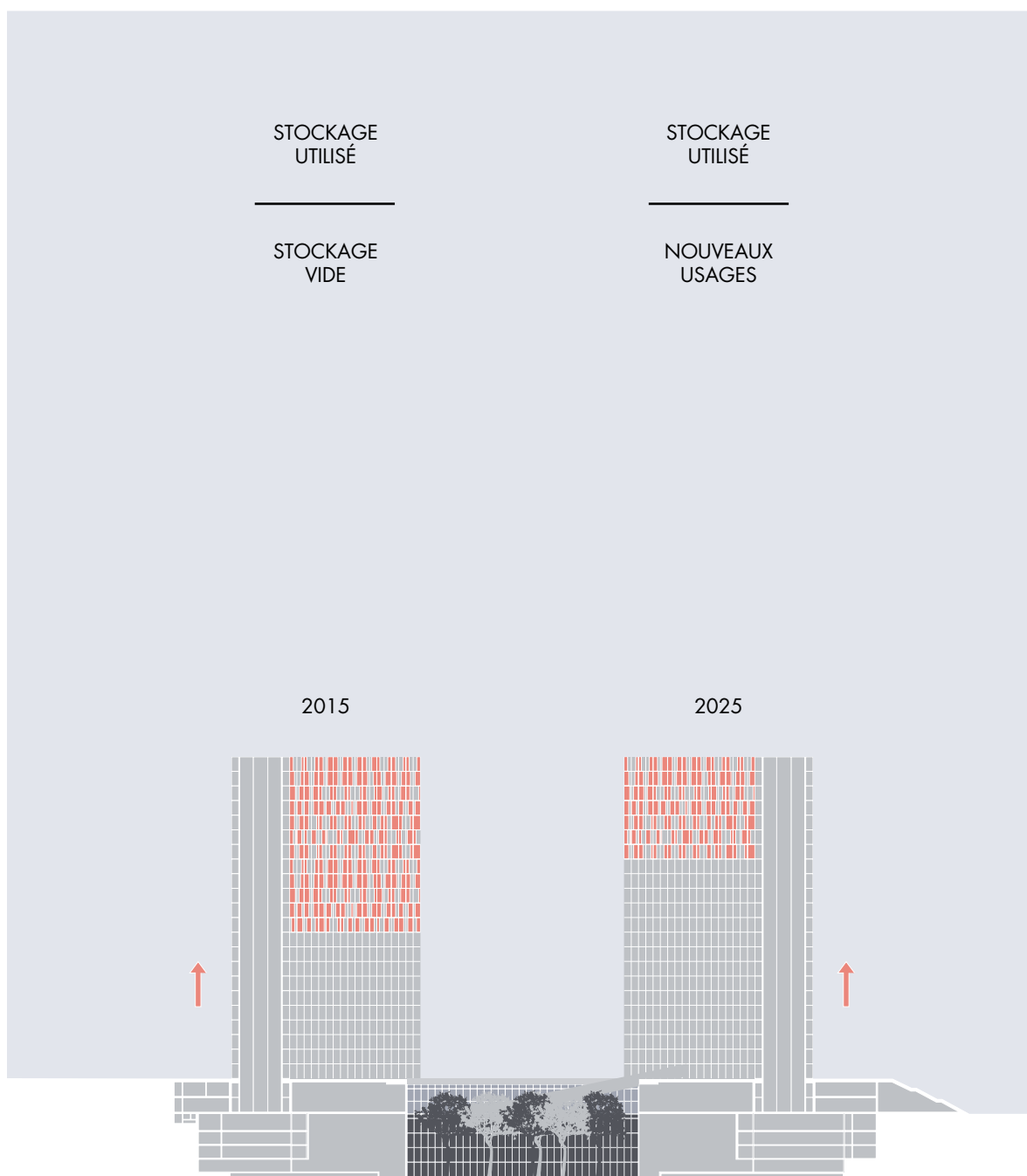
Dès l'origine, les tours sont dévolues au stockage des livres; elles adoptent une matérialité transparente, qu'illustre parfaitement la maquette du concours (cf. p. 40).

Le verre photochromique est le matériau privilégié pour protéger les ouvrages du rayonnement solaire.

« Ces balises urbaines mettent en valeur le « livre » avec un mode d'occupation aléatoire des tours qui se présente comme une accumulation du savoir, d'une connaissance jamais achevée, d'une sédimentation lente mais permanente. »

Dominique Perrault, 1989

Les ouvrages viennent emplir progressivement les tours, la transparence donnant cette occupation à contempler. Toutefois, la piste du verre photochromique se solde par une impasse et conduit à choisir des panneaux mobiles en bois. Leur orientation et leur position animent aléatoirement les façades.



La numérisation progressive du fonds, entreprise par la BnF à partir de 2007, participe du rayonnement de l'institution au-delà de son espace physique. Les ouvrages ne sont plus stockés sur place, les espaces des tours sont inoccupés.

Comment réutiliser ces espaces, en garantissant le confort des usagers sans dénaturer pour autant l'image des bâtiments de la BnF ?

La réhabilitation des façades et la modification de leur matérialité permettraient aux tours d'accueillir une large gamme d'usages : stockage, bureaux, etc.

L'image générale serait inchangée.

VERRE PHOTOCHROMIQUE



Planche de concours, 1989

«J’ai voulu construire des immeubles de grande hauteur en verre transparent, et je trouve que c’est déjà en soi un manifeste. Pour moi la transparence c’est voir l’organisation du bâtiment au travers d’un verre qui n’est pas teinté, ni noir ni bleu, ou encore réfléchissant. Alors l’architecte ne peut plus être lâche vis-à-vis de lui-même et des autres. Il est obligé de se coltiner la relation dehors-dedans, sans faux-semblant, de manière beaucoup plus interactive. Cela modifie les comportements en matière d’architecture.»

Dominique Perrault interviewé par le *Journal des Arts*,
«Deux septennats de culture et grands travaux : la Bibliothèque nationale de France», mars 1995, p. 33.

Initialement, l’enveloppe des quatre tours devait être composée de verre photochromique, un verre correcteur présentant l’avantage de changer de teinte suivant la quantité de rayons ultraviolets auquel il est soumis.

L’emploi le plus courant de ce verre est observable pour certaines lunettes de soleil, s’obscurcissant suivant la luminosité.



Malgré une année de recherches et de développement technique, cette option ne put aboutir en raison des contraintes de fabrication : il était impossible de parvenir à une surface excédant le format A4, car au-delà, le verre se déformait trop et se brisait.

VERRE ÉLECTROCHROME

SageGlass DV - état clair



SageGlass DV - état teinté



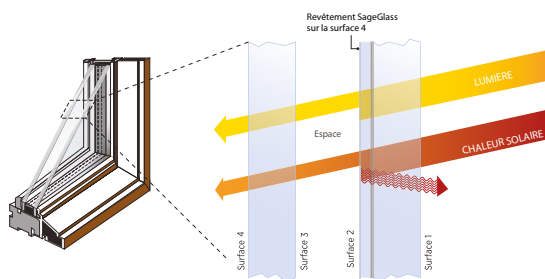
En 25 ans, les innovations et avancées techniques ont été nombreuses, élargissant *de facto* la gamme des solutions de substitution.

Notre préférence va aujourd'hui au verre électrochrome. Ce choix s'explique par l'aptitude de ce matériau à modifier son facteur solaire jusqu'à des valeurs très faibles ($FS = 0,05$) tout en conservant les vues vers l'extérieur. D'autre part, ce produit évite la mise en œuvre de systèmes motorisés (stores, brise-soleil, etc.) qui affectent l'architecture (perte des vues depuis l'intérieur, modification de l'image de la fa-

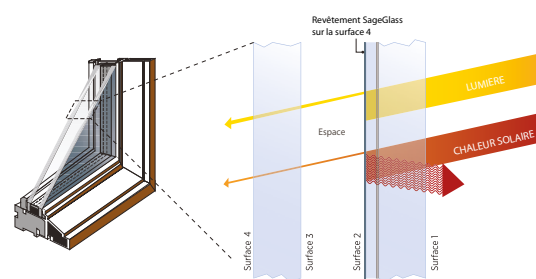
çade depuis l'extérieur) et l'entretien (panne des machines, problème du nettoyage et du remplacement).

Au contraire, à la manière de lunettes de soleil, ce système innovant libère les vues depuis l'intérieur et ne présente aucune pièce d'usure : il fonctionne sur la base d'une réaction d'oxydoréduction bien connue des chimistes pour sa réversibilité illimitée.

La consommation des vitrages s'élève à $2 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$ environ (dans le cas où toutes les baies sont équipées de verres électrochrome).



Vue en coupe - Double vitrage SageGlass



Vue en coupe - Double vitrage SageGlass

OBJECTIFS

RÉNOVATION DE LA BNF

Rénovation programmatiques et des façades de la
Bibliothèque nationale de France

REMPACEMENT DE LA FAÇADE

Remplacement de la façade existante par Sage-
Glass®, vitrage électrochrome à teinte électro-
niquement variable

Collaboration avec le bureau d'étude ETAMINE

HYPOTHÈSES

ÉTAGE TYPE « BUREAU »

Calcul effectué sur un étage type « bureau » d'une tour, 1 096 m², hors zones de circulation.

« CAS DE BASE »

Simple vitrage extra-clair résistant au feu Securiflam monté en double-peau + panneaux de bois faisant office de stores intérieurs.

« VARIANTE SAGEGLASS® »

Double vitrage électrochrome SageGlass associant une résistance au feu (type Contraflam Lite)

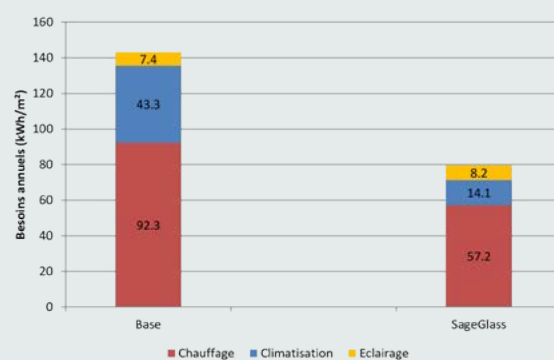
« VARIANTE CONTRÔLE SOLAIRE »

Double vitrage de protection incendie avec fonction contrôle solaire à haute sélectivité (type Vetrolam) + store intérieur

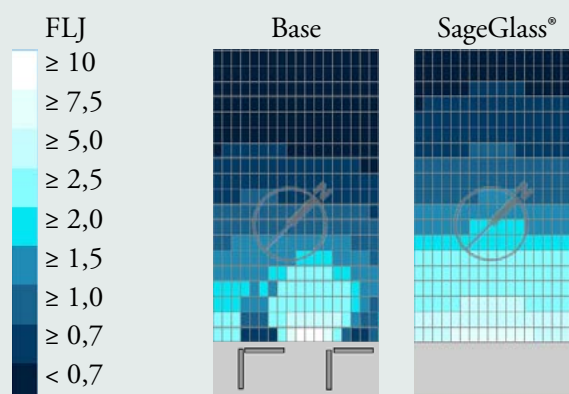
Propriétés des façades		U (W/m ² .K)	Transmission lumineuse			Facteur solaire		
			vitrage	store	effective	vitrage	store	effectif
Base		2.75	83%	0%	42%	0.75	0.40	0.58
Variante SageGlass®	État 1	1.1	58%	-		0.40	-	-
	État 2	1.1	17%	-		0.13	-	-
	État 3	1.1	6%	-		0.07	-	-
	État 4	1.1	1%	-		0.05	-	-
Variante contrôle solaire		1.1	60%	6%	32%	0.28	0.15	0.22

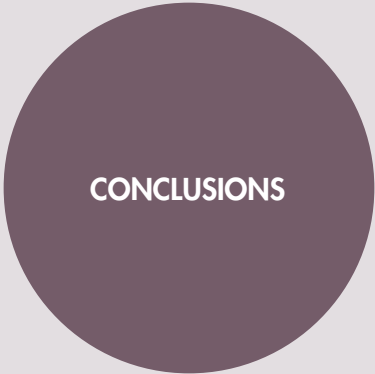


BESOINS ÉNERGÉTIQUES NETS ANNUELS



RÉPARTITION DE LA LUMIÈRE NATURELLE





CONCLUSIONS

GAINS ÉNERGÉTIQUES DE 45 %

L'utilisation de SageGlass® permet une réduction des besoins énergétiques annuels :

- de 45 % par rapport à la façade existante
- de 15 % par rapport à une variante contrôle solaire à haute sélectivité et stores intérieurs.

Les besoins en climatisation sont en particulier très fortement réduits.

GAINS EN CONFORT

L'utilisation de SageGlass® permet d'optimiser le confort des occupants via :

- Un accès permanent aux vues vers l'extérieur : une conservation de la transparence et de la vue sur Paris.
- Et une qualité de lumière améliorée dans les espaces : absence d'éblouissement causé par le soleil, distribution idéale dans l'espace.

ÉTU
SAINT-C

JUDE

GOBAIN

CONTEXTE

Dans le cadre du projet de rénovation de la Bibliothèque nationale de France (BnF) à Paris, le vitrage électro-chrome SageGlass®, conçu par Saint-Gobain, est envisagé pour remplacer les vitrages clairs existants. Il s'agit d'un vitrage qui, en fonction de la tension qui lui est appliquée, change de caractéristiques de transmission lumineuse et de facteur solaire.

Saint-Gobain souhaite faire une étude « théorique » de simulation énergétique des performances du SageGlass® sur ce projet, et sollicite pour ce faire l'assistance d'Etamine.

À noter que la façade actuelle est équipée de vitrages Securiflam pour répondre à la classification de résistance au feu E30. Dans le cadre d'une rénovation, il est donc indispensable que les vitrages de remplacement assurent également une fonctionnalité de protection incendie.

La BnF est composée d'un socle commun et de 4 tours, chacune disposant de 20 étages dont 7 dédiés à des bureaux, 11 à l'espace de stockage de livres et 2 à des services.

OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

Saint-Gobain souhaite comparer les performances énergétiques en termes de chauffage, climatisation et éclairage entre trois configurations :

- « base » : **vitrage clair** (simple vitrage extra-clair Securiflam de Saint-Gobain monté en double peau) + panneaux de bois.
- « variante SageGlass® » : double vitrage électrochrome **Sage-Glass®** associant une résistance au feu de chez Vetrotech Saint-Gobain (type Contraflam lite)
- « variante contrôle solaire » : double vitrage de protection incendie avec fonction **contrôle solaire** à haute sélectivité de chez Vetrotech Saint-Gobain (type Vetroflam Climaplus) + **store intérieur**

Le type de calcul réalisé est un **calcul par simulation thermique dynamique (STD)**, avec calcul des besoins nets de chauffage, climatisation et éclairage pour la base et les variantes, et gains relatifs. Le calcul est effectué sur un étage type « bureau ».

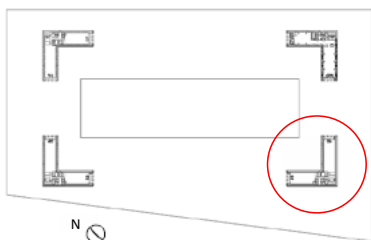
La méthode générale est la suivante :

- décomposition du bâtiment en zones thermiques homogènes selon la fonctionnalité, l'orientation, et le système de traitement thermique ;
- prise en compte des masques avoisinants ;
- définition de toutes les hypothèses de calcul, dont notamment les vitrages et protections solaires,
- mise en place d'un modèle de gradation de l'éclairage artificiel en fonction de l'éclairage naturel,
- simulation dynamique heure par heure sur une année complète ;
- analyse des résultats de base ;
- étude paramétrique.

CHOIX DU PÉRIMÈTRE DE MODÉLISATION

La BnF est composée d'un socle commun et de 4 tours, dans lesquelles sont disposés les étages de bureaux.

- Il a été fait le choix de réaliser le modèle d'étude sur la tour située au Sud, plus soumise au rayonnement solaire et donc pour laquelle l'intérêt du comportement du Sageglass® sera le plus visible.
- Les étages de bureaux sont situés aux niveaux 1 à 7 ; pour cette étude réalisée sur un étage type de bureau, nous nous sommes placés à un étage au centre (niveau 4) de manière à prendre en compte un masque moyen.



ZONAGE THERMIQUE

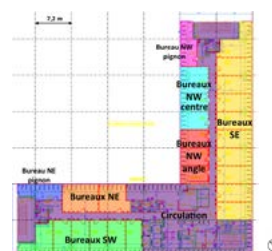
L'étude est donc réalisée sur un étage courant de bureaux ; celui-ci est découpé en 8 zones dont les surfaces et volumes sont précisés dans le tableau ci-dessous. Le zonage permet de regrouper les locaux ayant approximativement même utilisation et mêmes profils de charges internes et externes.

Les surfaces et volumes présentés dans ce rapport sont issus de la définition des zones pour la modélisation, et peuvent ainsi diverger des surfaces utiles de ces pièces (prise en compte des gaines techniques, des parois internes...).

Nota : les orientations utilisées dans les noms des zones correspondent à l'orientation de leur façade et non à leur localisation dans la tour.

N°	Nom de la zone	Surface (m²STD)	Volume (m³)	Couleur
1	Bureaux sud-est	258,0	812,7	Jaune
2	Bureaux nord-ouest pignon	25,4	80,0	Fuchsia
3	Bureaux nord-ouest centre	69,8	219,9	Cyan
4	Bureaux nord-ouest angle	57,8	182,1	Rouge
5	Bureaux nord-est	71,9	226,5	Orange
6	Bureaux nord-est pignon	25,3	79,7	Bleu
7	Bureaux sud-ouest	154,5	486,7	Vert
8	Circulation	432,9	1363,6	Violet
TOTAL		1095,6		

Ces zones sont repérées sur le plan d'étage courant présenté ci-dessous.



DONNÉES DU BÂTI

PAROIS OPAQUES

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques des parois opaques :

Paroi	Composition
Mur rideau	10 % de cadre métallique avec $U_f = 2 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
Plancher intermédiaire entre étages	dalle béton 20 cm Faux plafond

PONTS THERMIQUES

Les ponts thermiques sont forfaitisés sous la forme d'un débit d'air entrant équivalent s'ajoutant aux infiltrations d'air. Le débit retenu ici est fixé à 0,15 vol/h pour chacune de ces zones.

INFILTRATION D'AIR

Etant donné l'âge du bâtiment, par expérience, nous estimons les infiltrations de la façon suivante

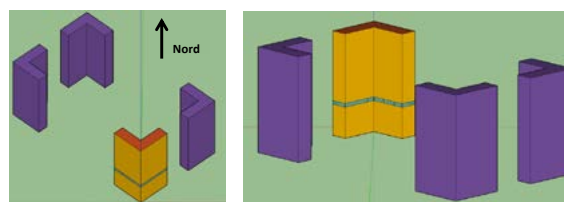
Zones	Infiltrations (vol/h)
Bureaux	0,24
Circulation	0,36

MASQUES SOLAIRES

Les masques créés par le bâtiment sur lui-même et par les bâtiments avoisinants (les 3 autres tours) ont été pris en compte par la construction d'un modèle 3D avec l'utilisation associée de Sketchup 8 et TRNSYS 3D. L'outil TRNSYS 3D permet de calculer une matrice de masque et casquette qui donne le coefficient d'atténuation du rayonnement visible incident vu par chaque fenêtre, heure par heure sur toute l'année.

Cette matrice est lue par le logiciel TRNSYS 17 version 02 (TRNSYS) durant la simulation thermique.

La tour représentée en orange sur l'image ci-dessous, est la tour Sud dont on étudie le 4^e étage. Les fenêtres de cet étage sont alors modélisées et les 3 autres tours, en violet dans le modèle 3D, représentent les masques pris en compte.



MENUISERIES ET PROTECTIONS SOLAIRES

Les menuiseries et les protections solaires ont des caractéristiques différentes suivant le cas simulé :

- Base : simple vitrage Securiflam extra-clair + panneaux de bois
- Variante Double vitrage électrochrome Sageglass® associant une résistance au feu (type Contraflam lite)
- Variante Double vitrage de protection incendie avec fonction contrôle solaire à haute sélectivité (type Vetroflam Climaplus) + stores intérieurs

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques des menuiseries extérieures ; on considère 10 % de cadre :

Cas étudié	TI	U (W/m².K)		Facteur solaire vitrage (g)	Facteur solaire
		Vitrage	Fenêtre		vitrage + protection
		Ug	Uw		solaire fermée (FS)
Base Vitrage clair	83 %	2,83	2,75	0,75	0,40
	état 1	58 %			0,40
Variante	état 2	17 %	1	1,1	0,13
SageGlass®	état 3	6 %			0,07
	état 4	1 %			0,05
Variante vitrage à					
contrôle solaire	60 %	1	1,1	0,28	0,15

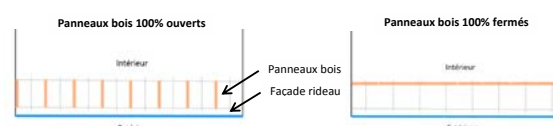
CAS DE BASE : SIMPLE VITRAGE RÉSISTANT AU FEU SECURIFLAM EXTRA-CLAIR + PANNEAUX BOIS

Les façades actuelles de la BnF sont composées de vitrages clairs ainsi que de panneaux de bois servant de protection solaire intérieure

Rappel des caractéristiques du vitrage clair :

TL	Ug (W/m².K)	Facteur solaire vitrage (g)	Facteur solaire vitrage + protection solaire fermée (FS)
83 %	2,83	0,75	0,40

Le calcul du facteur solaire à 0,40, obtenu avec le panneau bois fermé, a été réalisé avec le logiciel ULYS du CSTB, en prenant en compte une distance d'environ 1 m avec la façade vitrée. Les schémas ci-dessous permettent de visualiser la disposition des panneaux lorsqu'ils sont 100 % ouverts ou 100 % fermés.



L'utilisation réelle des panneaux bois à l'intérieur de la tour semble fortement aléatoire ; nous les avons donc modélisés fermés un sur deux tout au long de l'année.

Le facteur solaire (FS_{eff}) alors effectivement utilisé pour le calcul correspond à la moyenne entre le FS correspondant à 100 % des panneaux ouverts

$$FS_{eff} = \frac{FS_{100\% \text{ ouverts}} + FS_{100\% \text{ fermés}}}{2} = \frac{0,75 + 0,4}{2}$$

$$FS_{eff} = 0.58$$

Du fait que les besoins d'éclairage soient évalués à partir d'une gestion par gradation, dépendant de l'éclairage naturel intérieur, il est nécessaire pour le calcul d'évaluer la transmission lumineuse de l'ensemble « vitrage + panneaux ». Au vu de la configuration choisie pour la modélisation, on estime que 50 % de la lumière naturelle, entrant par le vitrage, est arrêtée par les panneaux bois. La transmission lumineuse du vitrage étant de 83 %, la TI effective pour le calcul de la gradation est :

$$TI_{eff} = 0.83 \times 0.5 = 0.415$$

VARIANTE DOUBLE VITRAGE ÉLECTROCHROME SAGEGLASS ASSOCIANT UNE RÉSISTANCE AU FEU (TYPE CONTRAFLAM LITE)

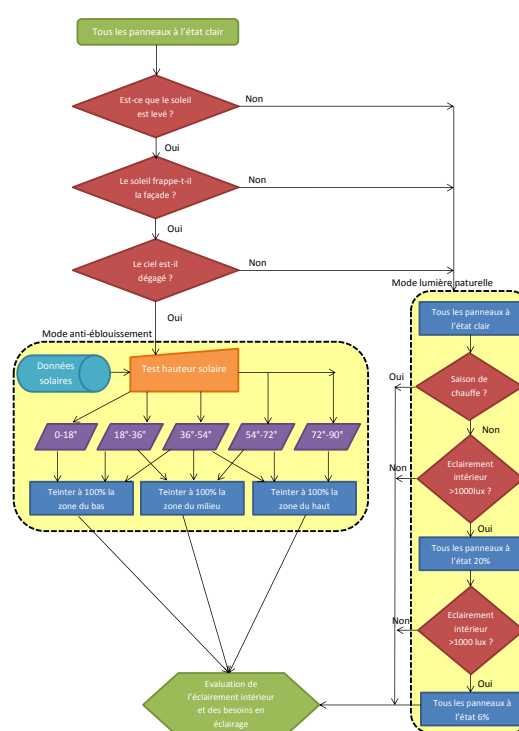
Le principe du vitrage électrochrome Sageglass® est qu'il peut prendre des caractéristiques différentes en fonction de la tension qui lui est appliquée, déterminée selon des paramètres de régulation. Ces différentes caractéristiques sont représentées par 4 états types donnés par le tableau ci-dessous.

État du vitrage	TL	Ug (W/m².K)	Facteur solaire vitrage (g)
État 1 (« état clair »)	58 %	1	0,40
État 2 (« état 20 % »)	17 %	1	0,13
État 3 (« état 6 % »)	6 %	1	0,07
État 4 (« teinté à 100 % »)	1 %	1	0,05

Les vitrages mis en œuvre présentent trois « zones » sur leur hauteur, pouvant prendre des états différents, ce qui a été pris en compte dans la modélisation (calcul d'une valeur moyenne de l'état de chaque vitrage bas, milieu, haut).

Ci-dessous est présenté l'algorithme de régulation fourni par Saint-Gobain, déterminant l'état du vitrage en fonction de différents paramètres (données solaires, saison de chauffe ou non, niveau d'éclairage intérieur, etc.) **pour les périodes d'occupation :**

À noter que, dans le modèle de calcul, le seuil d'éclairage utilisé dans le mode « lumière naturelle » est de 500 lux et non de 1 000 lux comme indiqué dans le diagramme ci-dessous ; cette valeur est en effet plus adaptée car le modèle ne calcule qu'une valeur de lumière naturelle moyenne pour l'ensemble de chaque zone de bureaux, alors qu'en réalité la sonde peut être positionnée plus ou moins près de la fenêtre.



En **inoccupation**, le **vitrage** est à l'**état clair** en **période de chauffe**, ce qui permet de profiter des potentiels apports solaires et de diminuer les besoins de chauffage. **Hors période de chauffe**, le **vitrage** est **teinté** en **inoccupation**, pour au contraire se protéger des apports solaires et diminuer les besoins de climatisation.

Pour traduire l'algorithme dans TRNSYS, il a fallu l'adapter aux données disponibles dans la modélisation. Les données du fichier météo permettant d'estimer l'éclairage naturel sont des données de rayonnement. Le tableau ci-dessous présente l'adaptation de l'algorithme pour notre modélisation :

Algorithme	Traduction dans notre modèle
Est-ce que le soleil est levé?	Est-ce que le plan horizontal reçoit du rayonnement solaire?
Le soleil frappe-t-il la façade?	La façade reçoit-elle du rayonnement direct?
Le ciel est-il dégagé?	Utilisation de la données «cloudiness factor» calculée par TRNSYS sur la base du fichier météo; on considère que le ciel est dégagé si le cloudiness factor > 0,5
Hauteur solaire	Calculée à partir des données solaires du fichier météo
Saison de chauffe	Saison de chauffe calée en fonction des besoins de chaud et froid observés sur l'année modélisée
Eclairement intérieur	Calculé à partir des données de rayonnement du fichier météo

VARIANTE DOUBLE VITRAGE DE PROTECTION INCENDIE AVEC FONCTION CONTRÔLE SOLAIRE À HAUTE SÉLECTIVITÉ (TYPE VETROFLAM CLIMAPLUS) + STORES INTÉRIEURS

Rappel des caractéristiques du vitrage à contrôle solaire

TL	Ug (W/m².K)	Facteur solaire vitrage (g)	Facteur solaire vitrage + protection solaire fermée (FS)
60 %	1	0,28	0,15

Le store intérieur pris en compte pour la modélisation est un store performant à faible émissivité, du type Soltis 99-2063 E de chez Ferrari.

De même que pour les panneaux de bois, les stores intérieurs risquent d'être utilisés de façon assez aléatoire; nous les avons donc modélisés 50 % des stores fermés toutes les zones et tout au long de l'année.

Le facteur solaire (FS_{eff}) alors effectivement utilisé pour le calcul correspond à la moyenne entre le FS correspondant à 100 % des stores ouverts (càd g, le facteur solaire des vitrages) et celui correspondant à 100 % des stores fermés.

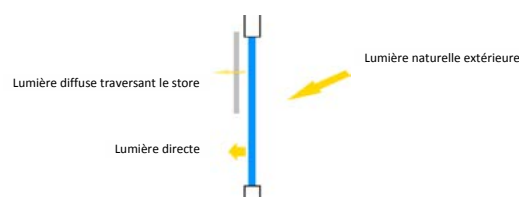
$$FS_{eff} = \frac{FS_{100\% \text{ ouverts}} + FS_{100\% \text{ fermés}}}{2} = \frac{0,28 + 0,15}{2}$$

$$FS_{eff} = 0,22$$

De même que dans le cas de base, il est nécessaire d'évaluer la transmission lumineuse effective de l'ensemble «Vitrage + stores». Le store à faible émissivité utilisé pour la modélisation est considéré comme laissant passer 6 % de lumière le traversant (TL_{store}).

$$FS_{eff} = \frac{FS_{100\% \text{ ouverts}} + FS_{100\% \text{ fermés}}}{2} = \frac{0,28 + 0,15}{2}$$

$$FS_{eff} = 0,22$$



OCCUPATION ET APPORTS INTERNES

Les apports internes résultent de l'occupation humaine, de l'éclairage et des équipements installés (bureautique, etc.). Il est très important d'identifier les différents apports ainsi que les horaires d'occupation ou d'utilisation, car ils jouent un rôle prépondérant dans le calcul des besoins thermiques.

CHARGES INTERNES DE PERSONNES

Apports par personne

Les apports internes sensibles liés aux personnes sont pris en compte à hauteur de :

- Période du 15 octobre au 1^{er} mai (hiver) : 70 W/personne
- Restant de l'année (été) : 50 W/personne

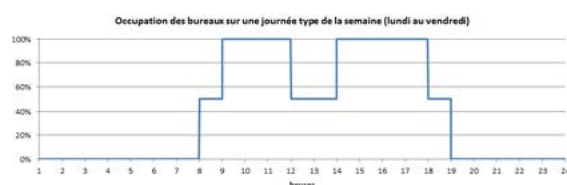
La moitié de ces apports internes est considérée comme un apport radiatif, et l'autre moitié comme un apport convectif.

Densité d'occupation maximale et planning d'occupation

Le tableau suivant précise, pour chaque zone ou typologie de zone, le nombre de personnes maximales considéré ainsi que le planning d'occupation.

Zones	Densité d'occupation (m ² /pers)	Planning
Bureaux	10 m ² /pers	Du lundi au vendredi Innoccupés les weekends
Circulation	0	Innoccupée

Du lundi au vendredi, le planning des bureaux est considéré comme suit :



CHARGES INTERNES D'ÉCLAIRAGE

La puissance d'éclairage installée sur tout l'étage de bureau est considérée égale à 10 W/m², apportant 400 lux moyens. La gestion de l'éclairage dans les bureaux se fait par gradation ; dans la zone de circulation, l'éclairage n'est pas considéré gradé mais comme fonctionnant à 100 % pendant les périodes d'occupation des bureaux.

Les apports internes d'éclairage sont considérés 100 % convectifs.

Fonctionnement de la gradation

L'éclairement naturel intérieur calculé pour la gradation, pour chaque zone, est une valeur moyenne pour l'ensemble de la zone, ce qui est équivalent à 1 capteur/zone.

Le niveau d'éclairement recherché est de 300 lux sur le plan de travail. Grâce aux données de rayonnement extérieur fournies par le fichier météo et à un calcul d'éclairage naturel préalablement réalisé sous le logiciel Dial+ version 2.2, il est possible de calculer la part d'éclairement naturel intérieur à chaque pas de temps du calcul.

A partir de là, si le niveau d'éclairage naturel intérieur permet d'atteindre le seuil minimum de 300 lux, alors l'éclairage artificiel n'est pas fonctionnel.

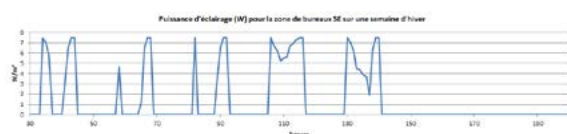
A l'inverse, si le seuil n'est pas atteint, l'éclairage artificiel se met en marche pour compléter l'éclairage naturel, dans le but d'arriver à 300 lux sur le plan de travail.

Par exemple, pour le cas de base (vitrages clairs et panneaux de bois), pour la zone de bureaux orientés nord-ouest et situés dans l'angle du bâtiment, les puissances d'éclairage appelées vont être les suivantes, sur une semaine d'hiver :



SYSTÈMES TECHNIQUES

Pour une zone moins masquée comme la zone de bureaux orientés sud-est, l'éclairage naturel est plus souvent suffisant pour satisfaire le confort visuel, il est donc possible de constater que l'éclairage artificiel n'est pas toujours fonctionnel en journée.



CHARGES INTERNES D'ÉQUIPEMENTS

Pour prendre en compte les apports internes liés aux équipements de bureautique (ordinateurs, imprimantes, etc.), **140 W/personne** présente dans les bureaux sont considérés. Ces apports sont donc **liés au planning d'occupation des bureaux**. Cette valeur est représentative d'un parc informatique « moyen » en termes de performance énergétique. Ces apports sont considérés **100 % convectifs**. Dans la circulation, il n'y a pas d'apports internes d'équipement pris en compte.

CHAUFFAGE ET REFROIDISSEMENT

Consignes de température

Le tableau ci-dessous résume les consignes de chauffage et de rafraîchissement :

Zones	Consigne de température de chauffage	Consigne de température de rafraîchissement
Bureaux	20	25
Circulation	16	-

Ces consignes sont modélisées en continu toute l'année, sans réduit la nuit ni les weekends.

VENTILATION MÉCANIQUE

La ventilation mécanique est en double flux, sans récupération de chaleur. Pour les bureaux, 18 m³/(h.personne) sont considérés sur la base du nombre de personnes maximum dans la zone. La ventilation est modélisée avec un fonctionnement continu 24h/24.

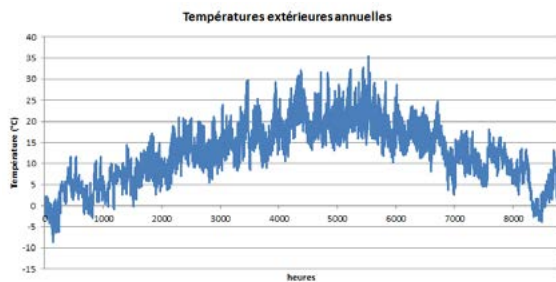
Nom de la zone	Personnes maximum	Renouvellement d'air	
		m ³ /h	vol/h
Bureaux sud-est	26	468	0,58
Bureaux nord-ouest pignon	3	54	0,67
Bureaux nord-ouest centre	7	126	0,57
Bureaux nord-ouest angle	6	108	0,59
Bureaux nord-est	7	126	0,56
Bureaux nord-est pignon	3	54	0,68
Bureaux sud-ouest	15	270	0,55
Circulation	-	300	0,22

DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES ET CONDITIONS EXTÉRIEURES

Les simulations thermiques ont été effectuées à partir du fichier météo de Paris Montsouris. Il s'agit d'un fichier météo de 2009, délivré par Météo France, représentatif du climat à Paris.

Les caractéristiques du fichier comprennent la température, l'humidité, le rayonnement global. Le rayonnement diffus est calculé par le logiciel TRNSYS à partir des données de température.

Les DJU annuels base 18°C sont au nombre de 2 246. Le graphique ci-dessous présente les caractéristiques de température (en °C) de ces conditions météorologiques sur une année :

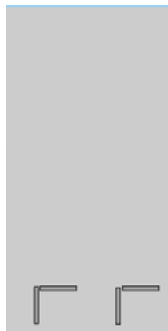


Les tableaux suivants présentent les caractéristiques des températures maximales et minimales annuelles en termes de fréquence d'apparition :

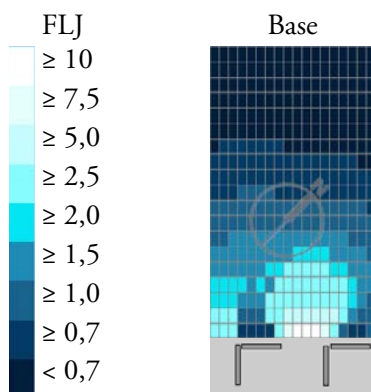
$T_{\text{ext}} <$	Nombre d'heures	$T_{\text{ext}} >$	Nombre d'heures
0°C	402	32°C	12
-2°C	155	30°C	52
-4°C	58	28°C	128
-6°C	27	26°C	273

CAS DE BASE

Pour le cas de base, les calculs de FLJ ont été menés en considérant 1 panneau sur 2 fermé. La position des panneaux dans la pièce est la suivante (en vue de dessus) :



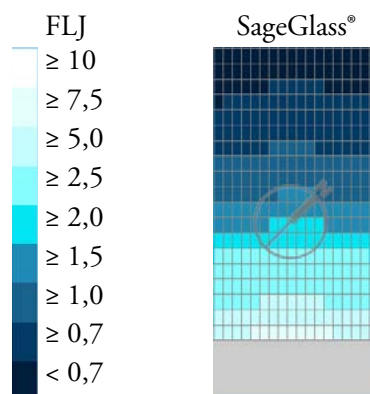
Le résultat du calcul de FLJ est donné ci-dessous. Les valeurs de FLJ sont calculées uniquement pour la zone « occupable » derrière les panneaux.



On constate qu'il y a des taches sombres derrière les panneaux et claires entre deux panneaux. La seconde moitié de la pièce est particulièrement sombre. Le FLJ moyen est de 1.4%.

CAS SAGEGLASS®

Pour la configuration où des vitrages Sageglass® sont mis en œuvre en façade, des calculs ont été menés pour plusieurs configurations de teinte des vitrages. L'image ci-dessous présente les résultats de FLJ obtenus dans la configuration où le vitrage du bas est teinté (TL = 1%) et les vitrages du milieu et du haut sont à l'état clair (TL = 58%).



On constate un éclairage plus uniforme ; la seconde moitié de la pièce est par ailleurs moins sombre. Le FLJ moyen est de 2.1%.

Par ailleurs, contrairement à l'utilisation de protections solaires opaques (panneaux bois ou stores), le Sageglass® permet de garder une vue sur l'extérieur en continu, avec un vitrage plus ou moins teinté, et donne un meilleur rendu d'éclairage intérieur, car réparti de façon plus homogène dans la pièce.

CAS DE BASE

Nom de la zone	Surface m ²	Chauffage par m ² kWh/m ²	Climatisation par m ² kWh/m ²	Éclairage par m ² kWh/m ²
Bureaux sud-est	258,0	73,9	55,1	6,2
Bureaux nord-ouest pignon	25,4	193,8	34,8	7,4
Bureaux nord-ouest centre	69,8	108,8	24,7	7,5
Bureaux nord-ouest angle	57,8	96,1	23,0	12,6
Bureaux nord-est	71,9	105,6	22,1	9,5
Bureaux nord-est pignon	25,3	195,1	35,0	9,4
Bureaux sud-ouest	154,5	74,4	52,5	6,2
TOTAL	662,7	92,3	43,3	7,4

Dans ce cas de base, on note que les besoins de chauffage et de climatisation sont élevés. Ces valeurs sont cependant cohérentes avec l'âge du bâtiment et ses caractéristiques d'enveloppe et de systèmes techniques.

Pour l'éclairage, les besoins sont faibles du fait d'une transmission lumineuse des vitrages élevée, d'un niveau d'éclairage naturel correct, malgré les panneaux bois, et de la présence d'une gradation automatique en fonction de l'éclairage naturel.

Les résultats obtenus selon les zones sont cohérents; si l'on regarde les besoins en termes de chauffage:

- les bureaux en pignon présentent des besoins très élevés, du fait de la surface vitrée relativement très importante par rapport à leur surface au sol
- les bureaux orientés Nord-Est et Nord-Ouest sont ensuite les plus consommateurs, du fait qu'ils reçoivent assez peu le soleil
- enfin, les bureaux orientés Sud-Est et Sud-Ouest présentent les besoins les plus faibles, grâce aux apports solaires plus importants.

VARIANTES

VARIANTE SAGEGLASS®

Nom de la zone	Surface m ²	Chauffage par m ² kWh/m ²	Climatisation par m ² kWh/m ²	Éclairage par m ² kWh/m ²
Bureaux sud-est	258.0	47.0	17.3	8.7
Bureaux nord-ouest pignon	25.4	114.7	12.7	7.3
Bureaux nord-ouest centre	69.8	62.3	8.9	7.5
Bureaux nord-ouest angle	57.8	58.2	8.5	8.3
Bureaux nord-est	71.9	64.2	8.7	6.8
Bureaux nord-est pignon	25.3	116.5	11.4	6.7
Bureaux sud-ouest	154.5	49.0	16.2	8.5
TOTAL	662.7	57.2	14.1	8.2

VARIANT CONTRÔLE SOLAIRE

Nom de la zone	Surface m ²	Chauffage par m ² kWh/m ²	Climatisation par m ² kWh/m ²	Éclairage par m ² kWh/m ²
Bureaux sud-est	258.0	57.0	23.3	6.5
Bureaux nord-ouest pignon	25.4	129.3	18.0	7.9
Bureaux nord-ouest centre	69.8	69.7	12.7	8.0
Bureaux nord-ouest angle	57.8	64.2	13.4	13.2
Bureaux nord-est	71.9	69.0	13.2	10.1
Bureaux nord-est pignon	25.3	129.6	18.4	10.0
Bureaux sud-ouest	154.5	59.1	21.8	6.6
TOTAL	662.7	66.3	19.5	7.9

COMPARAISON

SYNTHÈSE

Voici un tableau comparatif des besoins totaux de chauffage, climatisation et éclairage pour les zones de bureaux (circulations non considérées).

	Chauffage par m ² kWh/m ²	Climatisation par m ² kWh/m ²	Éclairage par m ² kWh/m ²
Base	92,3	43,3	7,4
Variante SageGlass®	57,2	14,1	8,2
Écart (%) Base -> SageGlass®	-38 %	-67 %	+11 %
Variante contrôle solaire	66,3	19,5	7,9
Écart (%) Base -> Contrôle solaire	-28 %	-55 %	+7 %
Écart (%) Contrôle solaire -> SageGlass®	-14 %	-28 %	+4 %

La première observation que l'on peut faire à partir de ces résultats est que les besoins de chaud et de froid baissent fortement entre la base et les variantes. Cela s'explique du fait d'une importante amélioration des caractéristiques thermiques des vitrages (passage d'un U_w de 2,75 W/(m².K) en base à 1,1 W/(m².K) pour les variantes).

De plus, les facteurs solaires sont globalement plus faibles dans les variantes, ce qui limite les apports solaires et permet de diminuer les besoins de climatisation. Cela peut aussi être un désavantage en période de chauffe, car moins d'apports solaires signifie plus de besoins de chaud. Cependant dans notre cas, l'amélioration du coefficient U_w des vitrages masque cet effet et pour le Sageglass®, le facteur solaire étant variable, cela permet de profiter des apports solaires en hiver et de s'en protéger en été.

Une STD a été réalisée sur un étage type de bureaux d'une des 4 tours de la BnF. Trois cas ont été modélisés : cas de base avec les vitrages actuels (Securiflam extra-clair) et panneaux bois, variante avec des doubles vitrages électrochromes SageGlass® résistants au feu (type Contraflam lite) dont l'état de teinte varie en fonction d'une régulation, et variante avec des doubles vitrages de protection incendie avec fonction contrôle solaire (type Vetroflam Climaplus) et stores intérieurs. L'éclairage artificiel est modélisé gradé sur l'éclairage naturel dans les bureaux.

La configuration Sageglass® permet de réduire fortement les besoins de chaud (-38 %) et de froid (-67 %) des bureaux par rapport à la configuration de base. Même si les besoins d'éclairage artificiel sont légèrement plus élevés, ce poste de besoin est faible par rapport aux postes de besoins de chaud et de froid. Bien que l'écart soit plus réduit, la configuration Sageglass® est également meilleure qu'une solution vitrage à contrôle solaire + store intérieur.

On retiendra également que la solution Sageglass® permet une répartition plus homogène de l'éclairage naturel, et par conséquent, améliore le confort visuel. Il permet enfin de garder la vue sur Paris à tout moment.

CONCLU

USIONS



Adaptation et **atténuation** sont deux des mots-clefs que la COP21 s'est choisie pour soutenir et guider son propos.

La présente étude, commandée par Bruno Racine, s'efforce de réfléchir à la façon de concrétiser ces deux termes – qui recouvrent autant d'objectifs – à l'échelle de la BnF, pour les trente prochaines années. Depuis la conception du projet, au début des années quatre-vingt-dix, de nombreuses innovations pour les matériaux ont été mises à disposition des architectes tandis que l'avènement du numérique a modifié profondément les pratiques quotidiennes de chacun, occasionnant un changement de paradigme dans l'accès au savoir.

Consciente de ces innovations techniques et de ces transformations structurelles, la stratégie élaborée convoque et croise trois sources : les principes fondateurs de conception, l'identité architecturale de chaque espace et une expertise scientifique délivrée par le groupe Saint-Gobain et le BET Étamine. En résulte une approche transdisciplinaire, à la fois spécifique et exhaustive. En bref, pour valoriser l'architecture de la BnF et accroître sa durabilité, la stratégie s'attache à **mettre en lumière les atouts de l'existant** – par exemple la résilience thermique du socle – et propose de **modifier localement la matérialité de certains des espaces**, pour accueillir de nouvelles fonctions tout en veillant à laisser intacte l'image du projet – le changement de matérialité de l'enveloppe des tours. Par leur caractère endogène, par leur permanence, ces solutions garantissent la pertinence de la stratégie.

On le voit, pour imaginer le futur des espaces de la BnF, il ne s'agit pas de se livrer à un exercice un peu abstrait de projections sur vingt années, en anticipant des usages qui seront certainement révoqués par la mutation permanente des pratiques numériques. Il s'agit plutôt de discerner, dans ce qui fonde l'architecture des lieux, dans ce qui en assoit la cohérence, les atouts en matière de durabilité. Ainsi la BnF sera-t-elle en mesure d'accompagner l'évolution des modes de vie et de travail.

Crédits

Sauf mention contraire, DPA est l'auteur de l'ensemble des textes et des illustrations.

© Michel Denancé / Dominique Perrault Architecture / ADAGP	p. 4, 26-27, 40
© Jean-François Robert	p. 6
© Patrick Swirc	p. 7
© The Sankei Shimbun	p. 9
© Ben Roberts	p. 15
© Fernando Guerra, 2014	p. 21
© Saint-Gobain	p. 42-45, 48-59
© Georges Fessy / Dominique Perrault Architecture / ADAGP	couverture et p. 62

Autres images : tous droits réservés.

Novembre 2015

6, RUE BOUVIER F-75011 PARIS

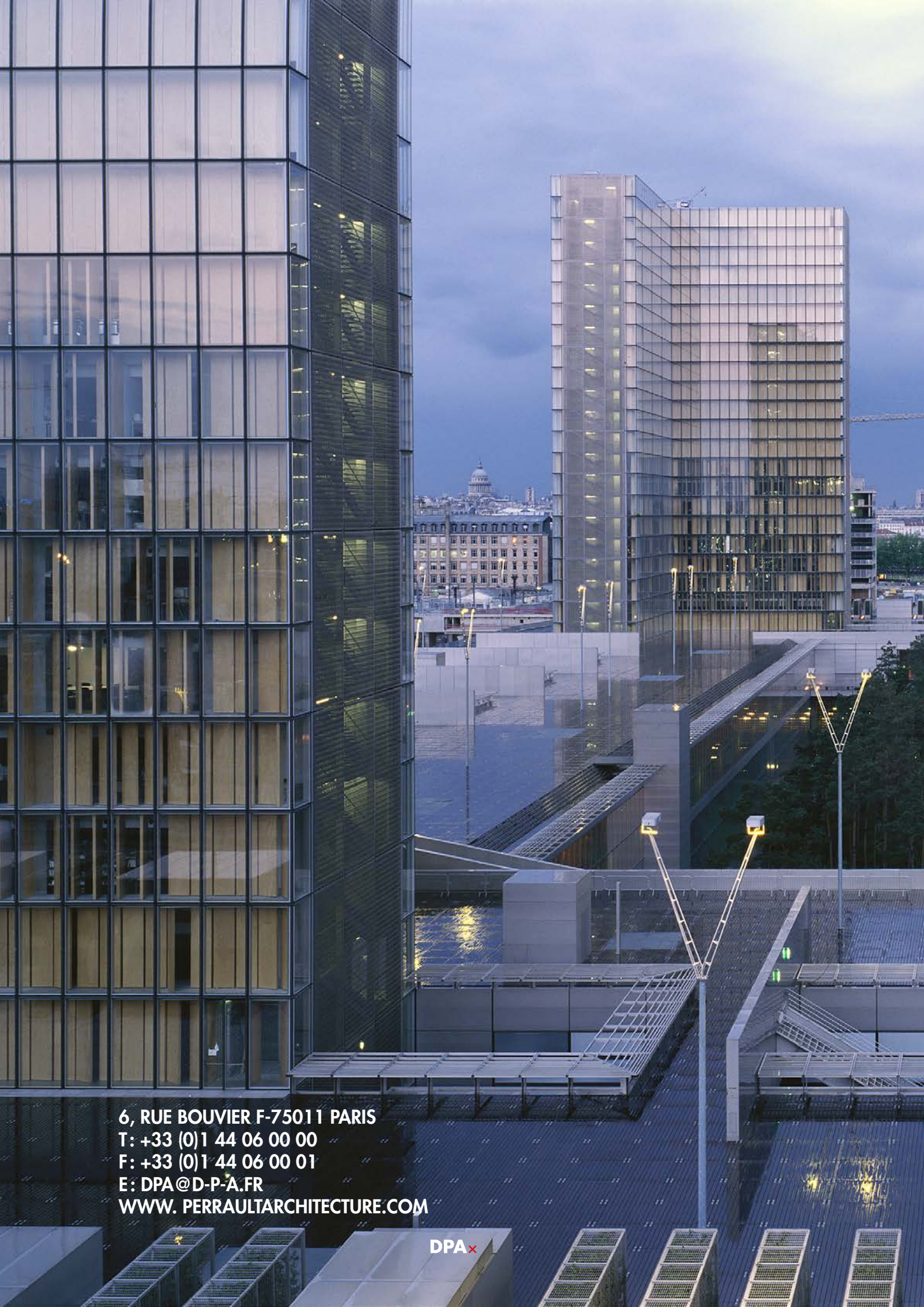
T : +33 (0)1 44 06 00 00

F : +33 (0)1 44 06 00 01

E : DPA@D-P-A.FR

WWW.PERRAULTARCHITECTURE.COM

DPA



6, RUE BOUVIER F-75011 PARIS
T: +33 (0)1 44 06 00 00
F: +33 (0)1 44 06 00 01
E: DPA@D-P-A.FR
WWW. PERRAULTARCHITECTURE.COM

DPAx