En partenariat avec Grand Paris Métropole

Bien respirer **en métropole**

GRAND PARIS
HISTOIRES & **FUTURS**

PARIS, LE 6 MARS 2018

PHILIPPE SERIEYS

Dans la suite de notre dernière matinée, « Relever les défis de la métropole résiliente », qui s'est tenue en mars 2017, *Grand Paris Histoires et Futurs* poursuit sa quête du mieux vivre ensemble en approfondissant un des vecteurs essentiels de la résilience du Grand Paris : l'atmosphère des villes.
Objet d'actualité politique de premier plan, l'air que nous respirons est le fluide vital par excellence. Si ses impacts épidémiologiques se font chaque jour plus précis et inquiétants, il demeure par nature un bien commun de référence, non exclusif et pourtant rival, selon les endroits où l'on vit. Il donne lieu à de multiples innovations dans le domaine de sa purification, de la mesure de ses composantes, des modalités de sa diffusion. Cette matinée du 6 mars vise à explorer ce thème dans notre esprit habituel : au témoignage d'initiatives, de pratiques, d'interpellations, viendront faire écho les mises en perspectives du prospectiviste Thierry Gaudin et de l'historien Alain Beltran.

Livier Vennin

« Au lieu de s'ingénier à tuer les microbes dans les plaies, ne serait-il pas plus raisonnable de ne pas en introduire ? »

Louis Pasteur

2 *Une prise de conscience largement partagée*
Catherine Lescure

3 *Retour sur la résilience*

4&5 *Pollution atmosphérique : des fumées qui empestent aux particules fines*
Alain Beltran

SYNTHÈSE DES DÉBATS

6 **Les enjeux d'une problématique complexe**
7 **La révolution hospitalière du « presque tout dans la chambre »**
8 **Il faut mo-dé-li-ser**
9 **Diya One, le robot qui « répare » l'air**
10 **Dalkia, acteur de la qualité de l'air**
11 **Un problème : le chauffage des bâtiments / Une solution : le réseau de chaleur**

12 *De la démocratisation des salles blanches*
Thierry Gaudin

PROCHAIN ÉVÉNEMENT

2 octobre 2018

SMART CITIES, AVATAR CONTEMPORAIN DE LA CITÉ IDÉALE ?

Pour recevoir une invitation : livier.vennin@edf.fr

Une prise de conscience largement partagée

ABACAPRESS/SANDRINE ROUDEIX

CATHERINE LESCURE
Déléguée régionale Île-de-France EDF

La ville de Shanghai envahie par la pollution.

PETER DOWLEY/FLICKR

Permettez-moi d'abord de remercier le professeur Maurice Mimoun, ainsi que tous les intervenants de cette matinée pour leur disponibilité et leur engagement en faveur d'un combat singulier et néanmoins collectif qui est devenu essentiel dans notre métropole : celui de la qualité de l'air. L'an dernier, lors de notre précédente matinée *Grand Paris Histoires et Futurs*, nous avions pour thème la ville résiliente, et avions, à cette occasion, déjà esquissé le sujet de la qualité de l'air avec Sébastien Maire, haut responsable à la résilience à la Mairie de Paris. Aujourd'hui, nous allons donc l'aborder de manière spécifique.

Nous observons que les Plans Climat, Air et Énergie des collectivités tendent à devenir des Plans Air, Climat, et Énergie.

«AIRPOCALYSE»

La qualité de l'air est devenue un enjeu pour toutes les grandes métropoles. En Chine par exemple, les épisodes récurrents de pollution urbaine n'ont rien à envier au «smog» londonien de 1952 sur lequel reviendra l'historien Alain Beltran. D'ailleurs, les Chinois ont trouvé un nom évocateur pour qualifier ces événements : «l'airpocalypse». Cela veut tout dire. Sujet désormais au cœur de l'action de tous les élus, la qualité de l'air donne lieu en France à mesure, chiffrage et objectif. À la délégation régionale Île-de-France d'EDF, nous observons même que les Plans Climat, Air et Énergie des collectivités tendent à devenir des Plans Air, Climat, et Énergie tant la question est cruciale pour les citoyens comme pour les élus qui sont en responsabilité. On constate aussi, lors des pics de chaleur, à quel point il existe des effets d'emballement entre augmentation de la température et augmentation de la pollution atmosphérique.

LES SOLUTIONS VONT ÉMERGER

Tout ceci milite bien évidemment pour une action forte en faveur d'une économie décarbonée ; pour le remplacement des véhicules thermiques par des véhicules propres, en particulier des véhicules électriques, sujet cher à EDF ; pour le remplacement des systèmes de chauffage urbain, en particulier le fuel, mais aussi le bois, par des systèmes plus modernes et moins émetteurs de CO_2, comme le gaz ou les pompes à chaleur ; enfin, pour accroître la performance énergétique, autre domaine sur lequel EDF a développé des compétences reconnues via son rôle d'exploitant industriel responsable. Ces compétences, nous les mettons aujourd'hui à disposition des villes, des organismes tels que Airparif ou des laboratoires de recherche tels que le Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique (CEREA), afin de compléter les outils de mesure et de mutualiser les savoirs. Si la question de la qualité de l'air tend à devenir une problématique grave et complexe, je suis, pour ma part, résolument optimiste, car convaincue que, la prise de conscience étant aujourd'hui largement partagée, les solutions technologiques vont pouvoir dorénavant émerger et les mentalités évoluer. ■

Airlab, nouvel écosystème de la qualité de l'air

Avec neuf autres partenaires fondateurs, EDF s'est associée à Airparif pour créer, en 2017, Airlab, accélérateur de solutions innovantes pour la qualité de l'air. Airlab rassemble une communauté qui s'engage pour améliorer la qualité de l'air. Qu'il s'agisse de grandes entreprises, de PME, de start-ups, d'instituts de recherche, de collectivités ou même de citoyens, chacun peut y apporter des idées, des compétences, des ressources et des moyens. Quatre piliers thématiques soutiennent l'action d'Airlab. Tout d'abord, l'évaluation des projets qui s'appuie sur l'expertise d'Airparif en la matière pour mesurer quantitativement l'impact des solutions proposées. Ensuite, l'accès privilégié à des terrains d'expérimentation pour mener des opérations grandeur nature sur des bâtiments, des quartiers, voire des communes. Le partage des données est aussi un enjeu majeur pour toute innovation dans ce domaine et Airlab ambitionne de devenir un carrefour majeur de l'accès aux données utiles pour la qualité de l'air. Enfin, Airlab s'inscrit dans un schéma d'innovation ouverte : une approche collaborative qui repose sur l'échange de moyens, de savoirs, de savoir-faire et d'informations.

Les partenaires fondateurs d'Airlab:
Région Île-de-France, Mairie de Paris, Métropole du Grand Paris, Préfecture d'Île-de-France, Île-de-France Mobilités, SNCF Logistics, Veolia, Icade, Air Liquide, EDF, Engie.

Retour sur la résilience

Le 2 mars 2017, la matinée *Grand Paris Histoires et Futurs* avait pour thématique la résilience urbaine, sujet proche de la qualité de l'air. C'est pourquoi nous en donnons ici une très brève synthèse.

Lors de la matinée du 2 mars 2017 au siège d'EDF.

PHILIPPE SERIEYS

«La résilience urbaine peut être considérée comme la capacité de la ville à absorber une perturbation puis à récupérer ses fonctions à la suite de celle-ci.» Telle est la définition, citée par Isabelle Baraud-Serfaty, consultante en économie urbaine, issue d'une étude réalisée en 2012 par plusieurs chercheurs de l'École des ingénieurs de la Ville de Paris (EIVP) et intitulée «La résilience urbaine : un nouveau concept opérationnel vecteur de durabilité urbaine ?» Selon cette même étude, le processus résilient se base sur trois leviers : la capacité de résistance et d'absorption d'une perturbation ; la stratégie organisationnelle qui permet d'opérer le retour à la normale ; la capacité à fonctionner en mode dégradé durant le temps que prend ce retour à la normale. Toutefois, Sébastien Maire, Chief Resilience Officer à la Ville de Paris, considère cette définition comme insuffisante et propose plutôt de penser les crises comme autant d'opportunités. «Ainsi, le propos de la résilience urbaine ne serait pas de revenir à l'état initial, mais de se servir de la crise pour parvenir à un état plus robuste, qui saura faire face au même type de choc ou de crise.»

IDENTIFIER LES RISQUES

L'un des enjeux de la résilience urbaine consiste à identifier les risques qui pèsent sur les villes. On peut les classer en deux grandes catégories : les chocs et les crises chroniques. On intègrera dans la première les catastrophes naturelles (inondations, tempêtes, séismes, avalanches...), les chocs sanitaires (pandémies), les accidents industriels (Seveso, AZF) et les dysfonctionnements (pannes d'électricité) ; on trouve dans la seconde les pénuries, la pollution de l'air, l'usure des infrastructures, les migrations ou encore les inégalités sociales. Les risques peuvent aussi changer de nature. Par exemple, les canicules qui devraient intensifier leurs apparitions avec le changement climatique. Ils peuvent même devenir quasi permanents, comme les attentats, ce qui oblige à de nouvelles protections. directeur d'Enedis Paris, Éric Salomon explique : «Il y a 20 ou 30 ans, un poste source dans Paris - objet hautement technique, mais intégré architecturalement - était une source de fierté et nous étions à deux doigts de le faire visiter. Aujourd'hui il est devenu une cible. Nous avons donc entrepris avec Google de retirer toute identification de ces postes sources sur Internet.»

COMMUNIQUER

Autre enjeu lié à la résilience : la communication. En effet, la résilience ne saurait être correctement assimilée sans prendre en compte toutes les interdépendances. C'est particulièrement critique en ce qui concerne le réseau électrique comme le démontre Carmen Munoz, directrice générale de Citelum : «J'ai géré suffisamment de crises pour savoir qu'avec des problèmes électriques, tout dysfonctionne : les réseaux de télécommunication, les systèmes d'eau, les pompes de relevage. Tout est hyper connecté.» En conséquence, tous les acteurs doivent pouvoir communiquer et s'échanger des informations fiables. C'est en partie l'objectif de SAFER, outil d'aide à la gestion des risques naturels. Son fondateur, Timothé Goupil nous en explique brièvement le principe : «SAFER est une plateforme web big data qui intègre un maximum de données relatives au risque naturel pour en offrir une cartographie simple. SAFER agit comme système d'alerte, aide à prévoir les actions qui vont permettre d'endiguer le risque, contribue à l'organisation des secours durant la crise et agit comme système de prévention auprès des citoyens en utilisant l'ensemble des moyens de communication disponibles dans la ville.»

LA RÉSILIENCE NOUS CONCERNE TOUS

Dans le contexte actuel - et SAFER l'illustre bien -, la question de la résilience tend à devenir une question de données. Si l'on observe ce qui se passe avec les infrastructures, on constate que celles-ci se dédoublent par des plateformes de données. Pour Éric Salomon, le réseau électrique montre l'exemple par sa faculté à s'adapter : «Un réseau qui s'adapte, c'est un réseau capable d'anticiper ses pannes. C'est ce que nous appelons l'autocicatrisation. En cela, les smartgrids nous rendent un fier service puisqu'ils nous permettent d'anticiper une panne ou de réagir immédiatement pour que le réseau revienne à son état initial.» Les smartgrids, et plus généralement, les nouvelles technologies ont fait surgir un certain nombre d'entrants dans la fabrique urbaine. Une nouvelle cartographie des acteurs de la résilience prend ainsi forme, avec en son centre une figure inédite : l'agrégateur urbain, interface opérationnelle entre les grands acteurs (services de l'État, collectivités, grandes entreprises, opérateurs publics et privés, etc.) et les usagers, agissant à travers des plateformes numériques. Qui plus est, la résilience urbaine concerne tous les sujets du développement territorial, pas uniquement la gestion de crise ou le management des risques, ce qui implique à la fois de nombreuses interdépendances et la mise en jeu d'acteurs que l'on ne soupçonne pas forcément. Au premier rang desquels les citoyens. ■

Pollution atmosphérique : des fumées qui empestent aux particules fines

PHILIPPE SERIEYS

ALAIN BELTRAN
Directeur de recherche au CNRS (unité mixte Sorbonne-Irice), président du Comité de l'histoire de l'électricité et de l'énergie.

Le mot « pollution » date du XIIe siècle, époque où il pouvait avoir un sens bien différent de celui d'aujourd'hui, notamment parce qu'il était lié à la religion. Malgré tout, dès le Moyen Âge, on trouve trace d'éléments historiques que l'on peut rapporter à des formes de pollution. Il en est une plus particulièrement qui était considérée à l'époque comme un véritable fléau pour la ville médéviale : la pollution liée aux odeurs. Elle était d'origine humaine, animale ou en lien avec certaines activités qui utilisaient le plomb, le mercure ou le charbon de bois. Des procès étaient intentés par des particuliers contre des voisins jugés nauséabonds. Au XVe siècle, des édits royaux ordonnèrent ainsi à des « industries » de quitter les villes pour aller s'établir plus loin, solution qui sera d'ailleurs employée durant plusieurs siècles.

L'ENFER SUR TERRE

Opérons un saut dans le temps pour nous retrouver au XVIIe siècle en Angleterre. À cette époque, le charbon qui y était utilisé était un charbon de mer, « seacoal » en anglais. Un certain John Evelyn (1620-1706) écrivit un ouvrage en 1661 baptisé *Fumifugium* qui s'adressait au roi et au Parlement pour dénoncer les fumées qui empestaient les villes. *Fumifugium* est souvent cité comme un livre précurseur de la prise de conscience par rapport à la pollution. En voici un extrait : « Un nuage de charbon de mer fait ressembler à l'enfer sur Terre comme un volcan par un jour de brouillard. Cette fumée pestilentielle qui corrode même le fer et qui pourrit tout ce qui bouge saisit les poumons de tous les habitants, ce qui fait que la toux et la consomption n'épargnent personne. » Cinq ans plus tard, en 1666, Londres sera le théâtre d'un immense incendie qui ravagera la ville. Evelyn suggérera d'en profiter pour construire autrement la cité et, comme il était horticulteur de profession, proposera la plantation d'une grande haie aromatique tout autour de Londres.

LE NUAGE DE PARIS

Si l'on franchit la Manche, on trouve aussi quelques textes intéressants sur la question au XVIIIe siècle ; en particulier celui publié en 1763 par le médecin de Jean-Jacques Rousseau, Achille-Guillaume Le Begue de Presle, et qui s'appelle *Le conservateur de la santé*. Il s'agit avant tout d'un ensemble de préconisations délivrées pour améliorer la santé de tout à chacun. Une page nous intéresse plus particulièrement qui cite l'exemple de Paris : « Paris a un atmosphère [atmosphère est de genre masculin au XVIIIe siècle, NDLR] particulier en tout temps, excepté pendant les grands vents. Cet atmosphère est formé par un air rendu très pesant par la quantité des corpuscules ou exhalaisons qu'il soutient et que leur poids empêche de s'élever fort haut. C'est ce qui forme ce nuage dont Paris paraît couvert et enveloppé dans le temps le plus serein lorsqu'on regarde cette ville d'un peu loin. Il ne faut pas chercher d'autres causes de la mauvaise odeur qui frappe les étrangers qui arrivent et ceux qui y rentrent après avoir été absents quelque temps, des rougeurs et maux d'yeux qu'ils éprouvent, du mauvais teint ou de la couleur pâle et plombée des Parisiens, de leur peu de vigueur, de la fréquence du scorbut, de la promptitude avec laquelle les chairs crues se corrompent, les chairs cuites se moisissent, les étoffes et les draps perdent leur lustre, le papier et le lin se jaunissent, les maisons neuves jaunissent et se noircissent, les métaux polis se ternissent et se rouillent ! »

PLUIES ACIDES, FUMÉES D'USINE

Le XIXe siècle est celui du pasteurisme et de l'hygiénisme. Nous avons déjà pu dire lors de ces matinées que la réforme urbaine de Paris sous Napoléon III fut réalisée dans un souci de fluidité et d'une amélioration des conditions de vie. À l'heure où le baron Haussmann quittait ses fonctions de préfet de Paris, un chimiste écossais du nom de Robert Angus Smith publiait un livre : *Air and rain. The beginnings of a chemical climatology*. Angus Smith fut le premier à établir un lien entre pollution atmosphérique et pluies acides, et la méthodologie de son ouvrage était extraordinairement avancée. Il y cite la France comme un pays qui aurait déjà pris conscience de ce phénomène ; toutefois, il est intéressant de constater qu'il faudra attendre presque un siècle pour que ces pluies acides deviennent un sujet d'intérêt majeur.

Les préoccupations du XIXe siècle quant aux conditions atmosphériques peuvent aussi être observées dans le travail d'un certain nombre d'illustrateurs et de dessinateurs. L'un des plus célèbres d'entre eux est sans nul doute Albert Robida dont le livre *La vie électrique* révèle une vision de l'avenir plus proche de la dystopie que de l'utopie. Robida y évoque la pollution bactériologique de l'eau qui extermine les poissons ainsi que la pollution chimique de l'air due au charbon qui détruit toute l'atmosphère. Cette vision alarmiste rejoint les images que nous pouvons avoir en tête d'une partie de la banlieue parisienne durant l'entre-deux-guerres, avec son paysage industriel et ses fumées d'usine. Images qui sont, par certains côtés, assez fausses si l'on se réfère à d'autres photographies nous montrant une banlieue arborée, faite d'espaces vierges ou agricoles. La ville de Montreuil en Seine-Saint-Denis ne fut-elle pas longtemps réputée pour ses pêches ?

ALBERT ROBIDA

Illustration d'Albert Robida dans *La vie électrique* sur la pollution bactériologique.

LE « SMOG » LONDONIEN : DES MILLIERS DE MORTS

L'intense industrialisation du début du XXe siècle en Europe a eu son prix en vies humaines. Nous en avons un exemple avec ce qui se passa dans la vallée de la Meuse, en Belgique, au mois de décembre 1930. Le manque de vent, récurrent en hiver, y provoqua la massification de nuages délétères dans une région dominée par la sidérurgie et les centrales thermiques au charbon. Vingt personnes en moururent ; une catastrophe qui a même fait se déplacer la reine des Belges, Élisabeth de Bavière. De la même façon que les explosions mortelles de machines à vapeur étaient vues comme des accidents industriels, cette pollution funeste de l'air était considérée comme une fatalité, une rançon à payer au progrès.

Vingt ans plus tard, un autre épisode de pollution allait avoir des conséquences bien pires. La ville de Londres était réputée depuis longtemps pour son « smog », néologisme contractant les mots « smoke » (fumée) et « fog » (brouillard). Entre le 5 et le 9 décembre 1952, Londres fut envahie par une brume brunâtre et épaisse. On n'y voyait pas à plus de 30 cm. En cause : la présence d'un anticyclone combiné au recours au chauffage à charbon pour lutter contre le froid. La « purée de pois » londonienne fit alors de 4 000 à 12 000 morts selon les sources ; une catastrophe nationale qui débarrassa le « smog » de son aspect folklorique (le peintre Claude Monet adorait la lumière embrumée de Londres, causée par la pollution, à la différence de la lumière du midi de la France qu'il trouvait plate et triste) pour l'établir comme définitivement dangereux pour la santé.

KEYSTONE

Un policier britannique porte un masque durant le «smog» de 1952.

LÉGIFÉRER

Si les pollutions atmosphériques peuvent être considérées comme néfastes pour l'être humain, de quelle manière les gouvernements ont-ils agi ? Quelle législation ont-ils produite ? De ce point de vue, la France fut plutôt en avance : le premier décret sur les pollutions industrielles date en effet de 1810 et fut créé après cette adresse du ministère de l'Intérieur à l'Académie des Sciences : « Le gouvernement ne peut tolérer que pour l'avantage d'une industrie tout un quartier respire un air infect. » Ainsi le décret a-t-il pu diviser les manufactures insalubres en trois catégories : les établissements industriels qu'on éloignait des habitations ; ceux pour qui il pouvait y avoir discussion ; et les établissements sans danger. À cet effet, un Corps des inspecteurs fut créé, mais uniquement dans le département de la Seine (80 communes à l'époque), si bien que le décret fut assez peu appliqué. Mais il avait eu le mérite de poser une question importante : celle de l'équilibre entre les intérêts de l'industrie (qui sont réels, en termes de travail et de richesse) et les intérêts globaux d'une société qui a le droit de respirer un air sain. Une nouvelle loi sur les établissements dangereux, insalubres et incommodes fut votée en 1917, qui reprenait la législation de 1810. Puis il y eut en 1932 la loi Morizet sur la suppression des fumées industrielles et, ensuite, deux textes, en 1958 et 1961, sur la prévention de la pollution de l'air et la lutte contre les pollutions atmosphériques et les odeurs. Sur le plan international, on observe une relative concordance de dates avec d'autres législations d'autres pays. La première loi américaine d'importance date de 1963 et la première conférence des Nations Unies sur l'environnement eut lieu en 1972 à Stockholm, avec un accent porté sur le problème des pluies acides. Ceci étant, si on peut se féliciter d'un certain nombre de mesures, il faut aussi s'interroger sur le temps quil a fallu pour parvenir à une prise de conscience.

COMPLEXITÉ, LOCAL ET GLOBAL

On peut avancer au moins cinq raisons à cette tardive prise de conscience. La première est la grande complexité des phénomènes atmosphériques qui rend difficiles les explications et brouille la décision. La deuxième est sociétale : si nous associons facilement une cheminée d'usine qui fume à quelque chose de nocif, pendant longtemps ce fut un symbole d'activité et d'emploi local. De façon similaire, la notion de scandale peut elle aussi évoluer : aujourd'hui rejeter des polluants dans une rivière est une abomination, autrefois cela valait mieux que de les laisser sur place pour qu'ils empoisonnent un quartier. Cela rejoint la notion du rapport entre global et local : passer du local au global est non seulement une question de mesure, mais aussi une question de mentalité ; il faut pouvoir se dire que déplacer une pollution ne la solutionne pas. Enfin, l'idée a longtemps persisté qu'il était tout à fait acceptable qu'il existe des banlieues industrielles subissant la pollution et des banlieues résidentielles qui en sont à l'abri.

De nos jours, nous sommes passés à un niveau de connaissances sur la pollution qui nous permet de prendre en compte, par exemple, les particules fines. Nous nous trouvons face à des problèmes de plus en plus complexes, de plus en plus globaux et de plus en plus interconnectés. Toutefois, pour terminer sur une note positive, je dirais que si vous allez à Londres aujourd'hui, il y a des chances que votre visibilité soit supérieure à 30 cm. ■

Hors champ : « L'air de nos villes est un poison »

MATCH

L'AIR DE NOS VILLES EST UN POISON

Le 21 mars 1964, l'hebdomadaire *Paris Match* publie un article du journaliste Marc Heimer titré « L'air de nos villes est un poison ». Le texte est une charge virulente contre le mode de vie des citadins, responsable de la pollution atmosphérique : « Les cheminées d'immeubles et d'usines, les automobiles : voilà démasqués les ennemis publics. » Marc Heimer donne des chiffres : « 3 millions de conduits en activité à Paris, 2 millions d'appareils de chauffage à combustion lente et 1 million de cuisinières » qui consomment du charbon, lequel libère du soufre. Selon le journaliste, le souffre et le gaz carbonique sont « responsables de l'encrassement des poumons des Parisiens, de la corrosion de leurs toitures et de l'assombrissement de leurs immeubles. » Et de poursuivre : « Cinq fois plus de pneumonies, quatre fois plus de tuberculoses, quatre fois plus de cancers du poumon dans les villes qu'à la campagne : tel est le résultat de la pollution de l'air. » Les citoyens les plus vulnérables sont les agents de la circulation qui, aux carrefours les plus embouteillés, doivent être relevés toutes les 2 heures. Et Marc Heimer de conclure que pour lutter contre cette pollution, il existerait deux solutions : utiliser des voitures électriques et planter des arbres dans Paris.

Les enjeux d'une problématique complexe

« Le souffle c'est la vie », nous dit en préambule Éric Molinié, qui rappelle aussi « qu'en 2050, plus de 75 % de la population mondiale vivra en ville et principalement dans une métropole. L'air que nous respirons en ville est dont un enjeu d'attractivité, d'acceptabilité pour les populations et aussi un enjeu de santé publique. » Par ailleurs, la ville est faite en grande partie de bâtiments à l'intérieur desquels nous passons 90 % de notre temps. Les chiffres évoluent selon le type de bâti, mais une récente étude de l'OMS nous apprend que l'air est deux à cinq fois plus pollué à l'intérieur qu'à l'extérieur.

LE SYNDROME DU BÂTIMENT MALSAIN

Cette dégradation de la qualité de l'air intérieur est un phénomène mondial. Dans les immeubles de bureaux, on sait qu'elle impacte les performances cognitives, réduit la concentration, joue sur les capacités de production. Avec le laboratoire Malakoff Médéric, Ramesh Caussy et sa société Partnering procèdent d'ailleurs à des expérimentations pour pouvoir mettre à jour des indicateurs de performance sur cette question. Une mauvaise qualité de l'air intérieur entraîne des maladies respiratoires, des allergies, de l'asthme, voire même, selon Éric Moliné, « ce qu'on appelle le syndrome du bâtiment malsain : des pathologies inexpliquées qui apparaissent dans des bâtiments neufs. » Elle réduit notre espérance de vie et peut même devenir mortelle. Il n'est qu'à se référer ici à l'immense scandale de l'amiante, matériau isolant bon marché, largement utilisé dans l'industrie et la construction jusqu'à son interdiction complète, en 1997, et qui pourrait provoquer d'ici à 2050 entre 68 000 et 100 000 morts en France, selon les estimations de l'Institut de veille sanitaire (IVS).

UN SUJET TECHNOLOGIQUE

Cet enjeu de santé publique peut vite devenir aussi un enjeu économique. Déjà, aux États-Unis, les dépenses de santé liées à la mauvaise qualité de l'air dans les bureaux sont estimées à 145 milliards de dollars. En France, selon une étude de chercheurs en santé publique du 15 décembre 2017 citée par Éric Molinié, il serait possible de réduire les coûts sociétaux engendrés par une mauvaise qualité de l'air de 53 milliards d'euros si notre pays respectait les seuils fixés par l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Par ailleurs, la problématique de l'air intérieur tend à se complexifier dès lors qu'elle affronte d'autres enjeux tout aussi vertueux. Ainsi, nous dit Maurice Mimoun, « dans un but d'efficacité énergétique, on isole les maisons au point que l'air n'y est plus renouvelé. » Les bâtiments, de plus en plus étanches, fabriquent effectivement un air vicié, mais pour Ramesh Caussy, « les facteurs qui concourent à dégrader l'air intérieur sont nombreux. En parcourant une dizaine de thèses sur le sujet, j'en ai listé plus d'une quarantaine : l'air extérieur, le vent, l'angulation du bâtiment, son utilisation, les matériaux qui le composent, sans compter les phénomènes qui produisent d'autres phénomènes, comme les convections qui créent des strates d'air. » La problématique de l'air intérieur devient ainsi un sujet hautement technologique, qui peut échapper au sens commun, d'autant plus qu'elle échappe aussi à nos sens proprement dits. C'est pourquoi Ramesh Caussy pense qu'il faut en « améliorer la perception, apporter de l'information et de la compréhension » sur ce sujet. ■

Isolation d'un immeuble par sa façade.

CJP24

intervenants

PHILIPPE SERIEYS

MAURICE MIMOUN
Chef du service de Chirurgie Plastique, Reconstructrice et Esthétique ; chef du centre de traitement des brûlés de l'Hôpital Saint-Louis

« Entrer dans une chambre de brûlé n'est pas anodin : chaque intrusion pourrait le tuer. »

PHILIPPE SERIEYS

RAMESH CAUSSY
CEO de Partnering ; titulaire de la chaire d'excellence industrielle Robo'Ethics de Grenoble INP

« Pour Diya One, nous utilisons des algorithmes de programmation qui s'inspirent de mécanismes biologiques. »

PHILIPPE SERIEYS

ÉRIC MOLINIÉ
Secrétaire général de Dalkia

« La qualité de l'air est un enjeu humain, un enjeu de société, un enjeu d'attractivité pour les métropoles, un enjeu de santé publique et un enjeu éthique. »

La révolution hospitalière du « presque tout dans la chambre »

« Pour un grand brûlé, l'air ambiant de sa chambre d'hôpital est une question de vie ou de mort. » Ainsi le professeur Maurice Mimoun pose-t-il les enjeux de la qualité de l'air intérieur du centre de grands brûlés qu'il dirige. En 2012, l'Assistance Publique – Hôpitaux de Paris (APHP) inaugure à l'hôpital Saint-Louis à Paris un nouveau centre qui regroupe toute son activité de prise en charge des brûlés adultes, centre totalement novateur qu'il a pensé et conçu.

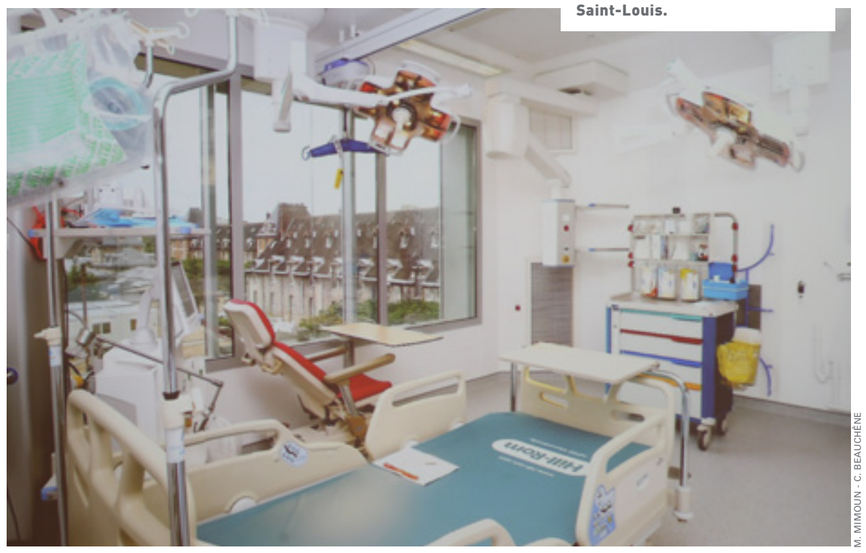
LA CHAMBRE, PRINCIPE MOTEUR DE LA CONSTRUCTION

Habituellement, les centres de brûlés sont des endroits fermés, pour éviter le plus possible les infections bien entendu, mais aussi parce que « les brûlés sont un peu les lépreux modernes », nous dit Maurice Mimoun. Ce sont des patients qu'il est difficile de regarder. Et le centre est un endroit où il est fait très chaud, où les conditions de travail sont compliquées, où les résultats en termes de guérison sont ingrats. En concevant le nouveau centre de l'hôpital Saint-Louis, Maurice Mimoun a voulu faire évoluer totalement cette approche. Pour améliorer les conditions de travail du personnel, il a modifié les aménagements comme la création d'un étage entièrement dédié à la maintenance ou la mise en place des consultations au rez-de-chaussée. Il a aussi voulu en faire un centre ouvert où entre la lumière, mais aussi les visiteurs sans qu'il soit nécessaire qu'ils enfilent une tenue particulière. En effet, lors de la phase d'élaboration du centre, Maurice Mimoun a inversé la proposition en ne partant pas du bâtiment, mais de la chambre du brûlé. Ainsi, ce n'est pas le bâtiment qui est protégé, mais la chambre elle-même. Mais là n'est pas encore la plus grande innovation.

L'ENNEMIE : L'INFECTION

« Selon moi, l'hôpital va évoluer de deux manières dans les prochaines années, explique Maurice Mimoun. D'une part, l'ambulatoire va s'affirmer avec l'hospitalisation à domicile. D'autre part, par besoin de garder des patients à l'hôpital, celui-ci va s'adapter à eux. » La chambre de grand brûlé qu'il a imaginée procède de cette philosophie. Il a appelé cela le « presque tout dans la chambre » et nous en explique la genèse : « Un grand brûlé est une personne en menace vitale, branchée à une quantité de tubes, de perfusions, de seringues électroniques. Lorsque vous le déplacez, il vous faut dix personnes autour. C'est non seulement très compliqué, mais c'est aussi dangereux de passer dans des endroits où le patient risque l'infection à tout moment. J'ai vu des patients mourir sur un trajet. Sans parler de la manutention lourde pour le personnel soignant et du temps perdu. On s'est donc dit que le patient, une fois entré dans sa chambre, ne devait plus en sortir. »

Le concept du « presque tout dans la chambre » à l'hôpital Saint-Louis.



M. MIMOUN - C. BEAUCHENE

AUCUN DÉPLACEMENT LATÉRAL

À défaut du scanner qu'il n'a pas été possible d'intégrer (d'où son appellation de « presque tout »), ce nouveau type de chambre d'hôpital, qui pourrait mener à une véritable révolution hospitalière, possède tous les aménagements pour se transformer au gré des besoins et être à la fois une salle d'opération, une salle de balnéothérapie, une salle de réanimation et une chambre de visite. Maurice Mimoun nous décrit son fonctionnement : « Dans cette chambre, le patient n'a plus aucun mouvement de latéralité. Son seul déplacement est vertical, à l'aide d'un treuil et d'un hamac. La chambre est assez grande et munie de deux très grands sas, un sas d'entrée/sortie et un sas de décontamination. On aurait pu diminuer la surface des sas pour en gagner dans la chambre, mais pour être utile un sas doit être grand, de la longueur d'un lit, de manière à ce qu'il puisse entrer en entier. Ainsi lorsque le patient doit être opéré, on le monte dans le hamac pendant que son lit est transféré dans le sas de décontamination, puis on amène la table d'opération (il y a une table d'opération par chambre) sous le patient que l'on redescend. Les conditions de travail sont celles d'une salle d'opération classique. Autrement dit, elle respecte les normes structurelles d'une salle d'opération : on a des « scialytiques », un bras chirurgical, un bras d'anesthésie et bien sûr le renouvellement d'air est respecté. Une fois l'intervention terminée, le patient est relevé dans le hamac, la table opératoire passe dans le sas de décontamination tandis que le lit en sort, nettoyé par les aides-soignants, avant que le patient ne le réintègre. Et la chambre redevient une salle de réanimation. »

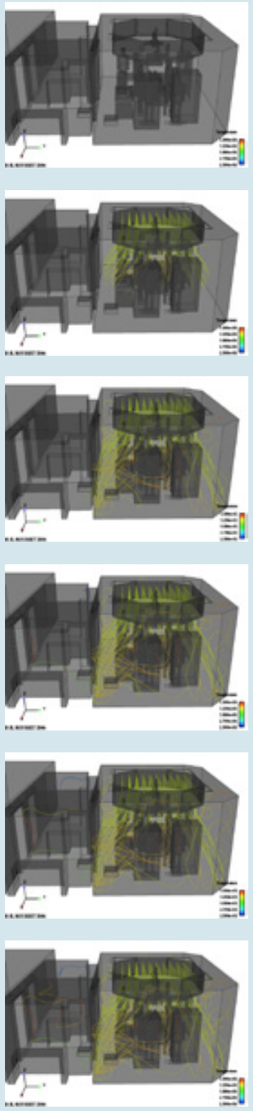
LE MOINS DE VENT POSSIBLE

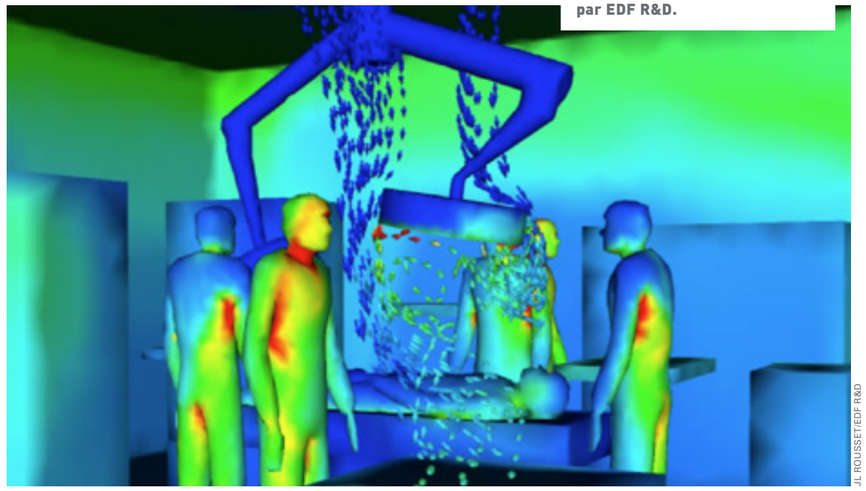
La chambre conçue par le professeur Mimoun possède aussi un bain, - le processus décrit ci-dessus étant réitéré pour la balnéothérapie. Elle est enfin chambre de visite pour les familles. La pratique est nouvelle puisqu'auparavant on interdisait aux proches d'entrer dans la chambre de peur qu'ils contaminent la personne brûlée. Ainsi, à l'hôpital Saint-Antoine, où était installé le précédent centre de Maurice Mimoun, il avait été aménagé un couloir circulaire et vitré autour de la chambre d'où les familles pouvaient communiquer avec le patient. « Je recevais alors de nombreuses lettres de familles éplorées qui n'avaient pas pu toucher leur parent au moment de le quitter », raconte Maurice Mimoun. En revanche, dans le nouveau centre de l'hôpital Saint-Louis, des règles strictes ont été établies pour se prémunir de la contamination : on ne touche rien avec les mains qui doivent être lavées dès que l'on sort de la chambre ; on doit revêtir casaque, masque et chapeau ; et les portes sont coulissantes pour occasionner le moins de vent possible. Comme le dit Maurice Mimoun : « Entrer dans une chambre de brûlé n'est pas anodin : chaque intrusion pourrait le tuer. » ■

Il faut **mo-dé-li-ser**

Visualisation de fuites dans les sas

Parmi les différentes modélisations réalisées par la R&D d'EDF pour les chambres du centre de grands brûlés de l'hôpital Saint-Louis, celle-ci permet de visualiser les fuites d'air dans les sas (situés à gauche) en fonction de la température de la pièce (*photos : R&D EDF*)





Modélisation des flux d'air sur une table d'opération par EDF R&D.

JL ROUSSET/EDF R&D

Un grand brûlé meurt d'infection. Ses défenses immunitaires sont érodées et ses propres gênes peuvent le contaminer et le tuer. Cependant, ce que le corps médical redoute le plus c'est la contamination extérieure, qui est de deux types : la contamination manuportée ou corpoportée et la contamination aéroportée. La première peut être évitée grâce à un certain nombre de précautions, mais la seconde est beaucoup plus difficile à contraindre. Des quantités de particules circulent dans l'air. Ce sont parfois des germes ou des champignons. Comment faire pour qu'ils ne se déposent pas sur le patient ? Comment faire pour qu'ils ne passent pas d'une chambre à l'autre ?

DES COURANTS QUI S'INVERSENT

La première décision en ce qui concerne les chambres du centre des brûlés de l'hôpital Saint-Louis fut de mettre en place une ventilation par pression négative dans les sas et une ventilation par pression positive dans les chambres et le couloir. Ainsi, comme l'explique Maurice Mimoun, « les germes de la chambre comme ceux du couloir sont aspirés dans les sas. » Pour autant, Maurice Mimoun a décidé, en collaboration avec la R&D d'EDF, d'effectuer une modélisation des flux d'air des chambres grâce à une chambre témoin : « Nous nous sommes alors aperçus que ce que l'on avait prévu était vrai, mais pas complètement vrai, ou faux, mais pas complètement faux. » En effet, la modélisation a pu prendre en compte d'autres paramètres, dont l'un est vital : la température des chambres. En effet, privé de peau, un grand brûlé consomme énormément d'énergie dès qu'il a froid, maigrit et peut en mourir. Ainsi les chambres de ces patients doivent-elles être surchauffées. Or la température agit sur les gradients de pression : « On peut ainsi observer des courants qui vont dans le mauvais sens et des germes qui rebasculent vers les chambres au lieu de se diriger vers les sas », explique Maurice Mimoun.

RENDRE VISIBLE L'INVISIBLE

Avec ses équipes, le professeur Mimoun a pu s'apercevoir, grâce à la modélisation, que le raisonnement intuitif sur les pressions d'air n'était pas fiable, « qu'à raisonner sur ces flux, le cerveau humain se trompait toujours ». La modélisation leur a enseigné qu'en la matière, il fallait… modéliser. « Elle a été pour moi une formidable découverte sur le plan du raisonnement intellectuel et même au plan philosophique, conclut Maurice Mimoun. Sauver la vie d'un grand brûlé, c'est organiser toute une chaîne de pratiques. Parmi les maillons de cette chaîne, la modélisation est extrêmement importante. Elle le fut pour la construction du centre et elle l'est encore pour notre conception du soin. » ■

L'illusion de la purification

« Il faut faire très attention au mot "purification". On ne purifie rien. » Selon Maurice Mimoun, penser que l'on puisse vivre dans une atmosphère dénuée de germes, de microbes, voire même de pollution est aberrant. Pour la simple raison que les germes nous sont aussi utiles. Il prend l'exemple d'Emmanuel Vitria, connu pour avoir été l'un des premiers Français à bénéficier d'une transplantation cardiaque en 1968 : « Les médecins avaient extrêmement peur de l'infection et ont placé Emmanuel Vitria sous antibiotiques pour supprimer tous les germes. Ce faisant, ils se sont retrouvés avec un patient couvert de germes beaucoup plus résistants et beaucoup plus difficiles à éliminer. Les germes doivent être tolérés parce que certains d'entre eux nous sont bénéfiques. Et il en va de même avec la qualité de l'air. » Ramesh Caussy va même plus loin : « Tout nettoyer est non seulement irréaliste, mais aussi dangereux, car cela peut créer des effets "cocktails" entre certaines particules que l'on ne saura pas appréhender. » Pour lui aussi, l'idée de purification est à manier avec tact, tant par principe scientifique que pour des questions sémantiques : « Les chimistes m'ont apporté un autre mot pour mon robot, que je me suis approprié : "réparer". »

Diya One, le robot qui « répare » l'air

Le robot Diya One de Partnering.

PARTNERING

De nos jours, l'amélioration de la qualité de l'air dans les bâtiments passe essentiellement par la mise en fonction d'une centrale de traitement d'air (CTA), qui utilise l'air extérieur, le purifie, le chauffe ou le refroidit avant de le réinjecter dans le réseau de ventilation. Cependant, on s'aperçoit que bien souvent ces CTA tournent « à l'aveugle », que leurs capteurs ne sont pas forcément bien situés, que leurs règles de programmation ne sont pas toujours bien adaptées, qu'en fonvtionnant 7 jours sur 7 et 24 heures sur 24 elles consomment beaucoup d'énergie.

NEURO-INSPIRÉ

On constate aussi en discutant avec les professionnels concernés que disposer des capteurs un peu partout dans un bâtiment ne constitue pas une solution idéale : « Qui va faire la maintenance de ces capteurs ? Qui va les recalibrer lorsqu'ils auront perdu leur précision de mesure ? », disent ces professionnels. Existe-t-il alors un moyen plus efficient d'améliorer la qualité de l'air intérieur ? Tout au moins, est-il possible d'envisager différentes solutions plutôt qu'une seule et unique ? Ramesh Caussy s'est posé toutes ces questions et est parvenu, puisqu'il agit dans le champ des technologies, à inventer un robot de 1 mètre de haut, ressemblant un peu à R2-D2, le célèbre robot de Star Wars, doté d'une intelligence artificielle (IA) neuro-inspirée. « Cela veut dire que nous avons recodé des réseaux de neurones artificiels et que nous utilisons des algorithmes de programmation qui s'inspirent de mécanismes biologiques. Ainsi, ce robot possède-t-il un comportement proche de celui des petits mammifères. » Il s'appelle Diya One (« diya » veut dire petite lumière en hindi), est produit à 100 % en France et peut fonctionner en continu pendant 8 à 12 heures. Dotée d'une petite caméra, Diya One est en mesure de se bâtir sa propre cartographie de l'environnement dans lequel il évolue. Il se déplace dans n'importe quel espace et comprend aussi les environnements émergents pour lui permettre d'éviter les obstacles et d'avoir une navigation fluide.

DIYA ONE MESURE, DIYA ONE « RÉPARE »

Contrairement à d'autres intelligences artificielles qui ne sont en fait que de puissants calculateurs fixes, Diya One possède aussi la faculté d'utiliser de l'information passée pour comprendre des environnements dynamiques. Par ailleurs, fonctionnant en mode local, il n'a pas besoin de se connecter sur un cloud et requiert donc moins d'énergie que d'autres IA. Diya One est donc un robot mobile et autonome. Mais que fait-il ? D'abord, il mesure. De façon continue. « Équipé de réseaux de capteurs pour la qualité de l'air, il est capable de comprendre partout où il passe ce qui se joue au niveau du CO_2, de l'ozone, des composants organiques volatiles (COV), des particules, des particules fines ; il mesure l'humidité et la température qui influent sur la qualité de l'air, et puis on l'a aussi doté de capteurs sur le bruit et la luminosité, puisqu'au fond ces indicateurs physiques concourent aussi au bien-être réel dans les environnements intérieurs », explique Ramesh Caussy. Deuxième fonction de Diya One : il « répare » l'air ambiant. Autrement dit, il agit positivement sur sa qualité dès que le besoin s'en fait ressentir. Ce qui suppose qu'il est capable de moduler sa stratégie et peut opter pour une stratégie d'amélioration continue de la qualité de l'air intérieur. Afin de s'assurer des qualités de leur robot, Ramesh Caussy et sa société Partnering ont accepté de le soumettre à toutes les expérimentations du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). Durant deux ans, ses experts l'ont décortiqué dans tous les sens, souhaitant connaître les réelles capacités de mesure de Diya One, capteur par capteur, souhaitant comprendre ses capacités réelles de traitement et savoir, en présence d'une pollution, ce qu'il pouvait « réparer », à quelle vitesse et avec quelle efficacité. « Grâce à aux résultats du CSTB, nous avons pu faire les adaptations nécessaires, notamment en termes de traitement de l'air, et choisi le filtre absolu de Camfil, leader mondial de la filtration de l'air, qui est utilisé dans les salles d'opération chirurgicale », souligne Ramesh Caussy.

UNE PLATEFORME OUVERTE DE SERVICES

Diya One est aussi muni d'un petit écran interactif qui permet de visualiser les données qu'il mesure, mais ses concepteurs ont souhaité faire « parler » ces données. Avec le CSTB, ils ont donc conçu un écran informationnel appelé Diya Board qui complète le robot en apportant un certain nombre de repères visuels sur la qualité de l'air, le confort et le bien-être à l'intérieur du bâtiment. Élément par élément, indice par indice, variable par variable, il est possible d'observer sur cet écran des représentations 2D ou 3D des mesures que fait le robot ainsi, bien sûr, que l'évolution de ces mesures au fur et à mesure des déplacements de Diya One. Cela donne des cartes de météo intérieures, une représentation claire de ce qui se passe dans un bâtiment, un réservoir dynamique de données que l'on peut partager. Diya One, c'est donc aussi d'une

véritable offre de services sur la qualité de l'air intérieur. Et même une plateforme ouverte de services puisque comme le dit Ramesh Caussy « on peut y agréger d'autres types de données ou bien l'on peut y ajouter du hardware comme du software pour produire d'autres données, et donc d'autres services. Partnering a déjà pu développer des « use case » avec quelques grands comptes pour y tester Diya One. Aux Galeries Lafayette, le robot a été couplé avec la centrale d'air pour réaliser d'énormes gains énergétiques. Ramesh Caussy explique : « On peut voir aussi notre robot comme un gros réseau de capteurs mobiles. Il se déplace dans l'environnement, prend des mesures de température, de CO_2, de niveau de bruit, etc., et puis va dire à la centrale d'air : "la qualité de l'air est bonne ici, tu n'as pas besoin de tourner à 100 %, tu te mets à 90 %". Avec le CSTB, on s'est rendu compte que lorsque le robot coopérait avec la centrale d'air, on obtenait une amélioration des 50 % de l'efficacité sur le temps de traitement et de 50 % sur l'efficacité du traitement. » Le groupe de protection sociale Malakoff Médéric s'est aussi intéressé à Diya One sur un tout autre aspect : le bien-être au travail. En améliorant la qualité de l'air et le confort dans les entreprises, il est possible d'améliorer la performance et de réduire l'absentéisme. Pour Malakoff Médéric, la question est de savoir s'il est possible de développer un business model et des offres pour ses clients. ■

Dalkia, acteur de la qualité de l'air

Dorénavant filiale à 100 % d'EDF, Dalkia trouve ses origines dans la société Chauffage Service dont le premier contrat, datant de 1937, avait été de dépanner les chaudières de l'hôpital de Villiers-Saint-Denis (Aisne). Il s'agissait alors du tout premier contrat de performance énergétique. Depuis, Dalkia s'occupe de 2 300 établissements de santé en France et s'est spécialisé autour de deux métiers.

LA QUESTION DU CHAUFFAGE EST PRIMORDIALE

Tout d'abord, l'efficacité énergétique qui consiste à apporter des solutions pour les nouveaux bâtiments (qui doivent être économes en énergie et bientôt « à énergie positive ») et surtout pour le bâti existant. Éric Molinié rappelle que « 90 à 95 % des bâtiments qui existent en France ne seront pas renouvelés ; il faudra les traiter dans leur état actuel avec des modèles économiques viables. » Le deuxième métier de Dalkia concerne la production d'énergie renouvelable, ce qui implique, selon Éric Molinié, de « changer les sources énergétiques des bâtiments pour qu'ils soient chauffés avec des énergies qui consomment moins de CO_2. » Il est à ce propos opportun de rappeler que le chauffage représente 48 % de la consommation énergétique en France. Par conséquent, on ne peut traiter la question des gaz à effet de serre sans s'attaquer massivement à cette question du chauffage.

LE PILOTAGE : UN COUPLE TECHNOLOGIE/HUMAIN

Le confort d'un bâtiment, notamment la qualité de son atmosphère, passe par un pilotage optimal. C'est l'une des taches des 15 000 personnes qui travaillent chez Dalkia, dont 9 000 techniciens présents sur le terrain : entretenir le système de chauffage du bâtiment, le doter de chaudières performantes et non polluantes, d'équipements pour le renouvellement permanent de l'air (la ventilation mécanique contrôlée, VMC), voire d'une centrale de traitement d'air (CTA). C'est aussi y installer de nouveaux équipements technologiques. Ainsi, Dalkia met en place dans des salles d'école des capteurs de CO_2 qui permettent de connaître le nombre d'élèves présents pour éteindre, si besoin, le chauffage lorsque la salle est vide ou être alerté en temps réel d'une ventilation déréglée. Des innovations technologiques en partie issues des bureaux de recherche de l'entreprise qui partagent avec les équipes de la R&D d'EDF plusieurs centres d'intérêt comme la modélisation des flux de ventilation (notamment dans les centres commerciaux), les études sur les polluants chimiques dans les hôpitaux, les essais relatifs aux filtres de traitement de l'air ou encore les centrales capables de contrôler à la fois la température et l'humidité d'un flux d'air. Éric Molinié rappelle ainsi : « Nous avons réalisé une étude en 2016 qui montre que 25 % de notre chiffre d'affaires concerne une innovation de moins de 5 ans, ce qui prouve notre volonté d'intégrer au maximum les innovations produites dans notre business model. »

Intervention de Dalkia dans une chaufferie.

PHILIPPE QUAISSE / PASCO

INTERVENIR AU PLUS PRÈS

Pour autant, la technologie n'est pas la seule solution pour la bonne gestion d'un bâtiment. « J'insiste beaucoup sur ce point : c'est bien le couplage entre la technologie et nos équipes qui font la pertinence de nos solutions », nous dit Éric Molinié. Dalkia le met en place à travers ses centres de pilotages, des desks qui permettent, grâce à ces capteurs, de piloter à distance les installations et de faire en sorte que ses interventions humaines soient le plus ciblées possible. « Autrefois, poursuit Éric Molinié, nos techniciens avaient des chemins de ronde pour surveiller les sites, aujourd'hui le desk permet de les faire intervenir de manière sûre et ciblée. » Si les bâtiments sont pilotés par des équipements de plus en plus sophistiqués, il est aussi crucial de rénover ces équipements. Il faudra par exemple s'assurer que la ventilation mécanique contrôlée en fonction remplisse toujours son rôle, autrement dit que sa régulation demeure optimale (la règle veut que la VMC renouvelle 25 m^3 d'air par occupant toutes les heures). La garantie apportée par Dalkia en ce qui concerne l'entretien des équipements passe par des contrats de performance énergétique, qui promettent aux souscripteurs des économies sur leur facture énergétique ou, à défaut, un remboursement. Une manière de consolider le lien entre l'entreprise et ses clients. Enfin, Dalkia cherche aussi à intervenir sur les comportements. Elle s'est dotée d'outils sociologiques pour suggérer et promouvoir des attitudes adaptées en matière de performance énergétique et de qualité de l'air, jusqu'à créer des comités de participation avec certains bailleurs sociaux lors desquels les équipes de gestion et les occupants du bâtiment sont sensibilisés à ces questions. ■

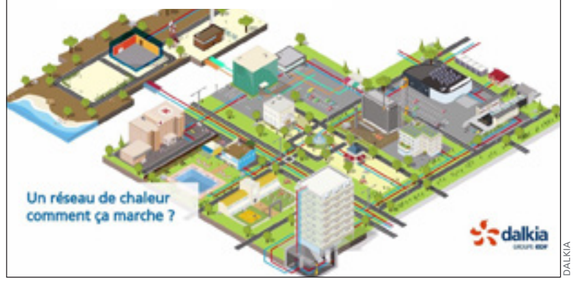
Un problème : le chauffage des bâtiments
Une solution : le réseau de chaleur

C'est une lapalissade, certes, mais peut-être est-il bon de rappeler que pour traiter efficacement l'air intérieur, il est aussi important de se préoccuper de l'air extérieur. En l'occurrence, si l'on examine les meilleures solutions concernant le chauffage des bâtiments - qui sont en première ligne sur la pollution atmosphérique -, on tombe quasi immédiatement sur les réseaux de chaleur. Grâce à la géothermie, ils connaissent un large succès en Île-de-France. La région capitale est en effet celle qui possède la plus grande longueur de réseaux en France : 1719 km.

DE LA POLOGNE AU GRAND PARIS

Dalkia fait partie des entreprises françaises les plus actives sur le secteur des réseaux de chaleur, qui présentent notamment l'avantage de pouvoir utiliser des énergies locales comme source d'alimentation. Ainsi, la géothermie en Île-de-France, le gaz ailleurs ou encore la biomasse qui entre dans le mix énergétique des énergies renouvelables. En la matière, Dalkia innove aussi en utilisant dorénavant l'énergie fatale, source hyperlocalisée puisqu'issue d'un processus industriel particulier ou de produits. Exemple en Pologne, à Katowice, où, dans un quartier populaire qui fonctionnait jusqu'à présent avec des poêles individuels à charbon, Dalkia a installé un réseau de chaleur avec comme source énergétique l'énergie du gaz de mine produit naturellement. À Dunkerque, c'est l'énergie fatale issue des processus industriels des hauts fourneaux d'Arcelor que la filiale d'EDF utilise pour chauffer une partie de la ville. Et plus récemment, Dalkia a remporté un marché à Charleville-Mézières où la chaleur fatale de la fonderie de PSA sera réinjectée pour le chauffage. Enfin, dans le cadre d'un appel à projets de la Métropole du Grand Paris, un groupement composé de Dalkia, de sa filiale Optimal Solutions et de la Compagnie de Phalsbourg va faire d'un projet de géothermie à Villiers-sur-Marne un démonstrateur de la qualité de l'air, témoignant du fait que la relation de cause à effet entre l'atmosphère des villes et la manière de chauffer ses bâtiments est aujourd'hui parfaitement intégrée. Selon Éric Molinié, « la qualité de l'air est un problème global, qu'on ne peut traiter de façon parcellaire, mais que l'on doit envisager de manière transversale, en insistant sur le dialogue entre toutes les parties prenantes. » ■

Schéma d'un réseau de chaleur par Dalkia.



DALKIA

2 à 5

« Une étude de l'OMS nous apprend que l'air est 2 à 5 fois plus pollué à l'intérieur qu'à l'extérieur. »

90 %

« La ville est faite en grande partie de bâtiments à l'intérieur desquels nous passons 90 % de notre temps. »

25 m^3

« La règle veut que la VMC renouvelle 25 m^3 d'air par occupant toutes les heures. »

145 MILLIARDS

« Aux États-Unis, les dépenses de santé liées à la mauvaise qualité de l'air dans les bureaux sont estimées à 145 milliards de dollars. »

53 MILLIARDS

« Si notre pays respectait les seuils fixés par l'OMS, les coûts sociétaux engendrés par une mauvaise qualité de l'air seraient réduits de 53 milliards d'euros. »

48 %

« Le chauffage représente 48 % de la consommation énergétique en France. »

« Le journal scientifique Sciences et Vie *a consacré un article à notre robot Diya One dans lequel ils le placent en photo à côté de Wall-E, le robot de Walt Disney qui s'occupe des déchets de la planète. J'ai trouvé intéressante cette comparaison ainsi que l'idée que les robots ne soient pas forcément des Terminator, des robots destructeurs, mais qu'ils puissent nous apporter du bien être. Personnellement, j'ai aussi fait le choix d'un robot qui ne soit pas humanoïde ni animaloïde, qui n'ait pas l'air de remplacer les gens ni de les déclasser, mais qui rende des services. L'an passé, le PDG de l'une des plus grandes entreprises de technologie au monde a décidé de supprimer les investissements dans des robots de type humanoïde qui font peur à ses clients. Il est vrai qu'il est bon d'explorer, même en design, mais il faut garder du bon sens et écouter les chercheurs, par exemple, qui signalent depuis de nombreuses années qu'il existe des risques de dérapage concernant la robotique. Si l'on va devoir apprendre à vivre avec cette technologie, il est fondamental qu'elle soit au service de l'Humanité. »*

Ramesh Caussy

« Je pense que la création est plus riche lorsque l'on associe des compétences multiples. Je suis pour ce mélange des genres qui nous permet à tous de progresser. C'est ainsi que de nombreuses innovations émergent. »

Maurice Mimoun

« Je travaille avec une équipe d'une vingtaine de jeunes coconcepteurs de Diya One, qui est finalement un condensé de technologies, un objet interdisciplinaire. Je pense que l'on entre, au XXIe siècle, dans une ère où l'interdisciplinarité sera un enjeu clef. Car tout devient plus complexe et il nous faudra des solutions elles-mêmes de plus en plus complexes. »

Ramesh Caussy

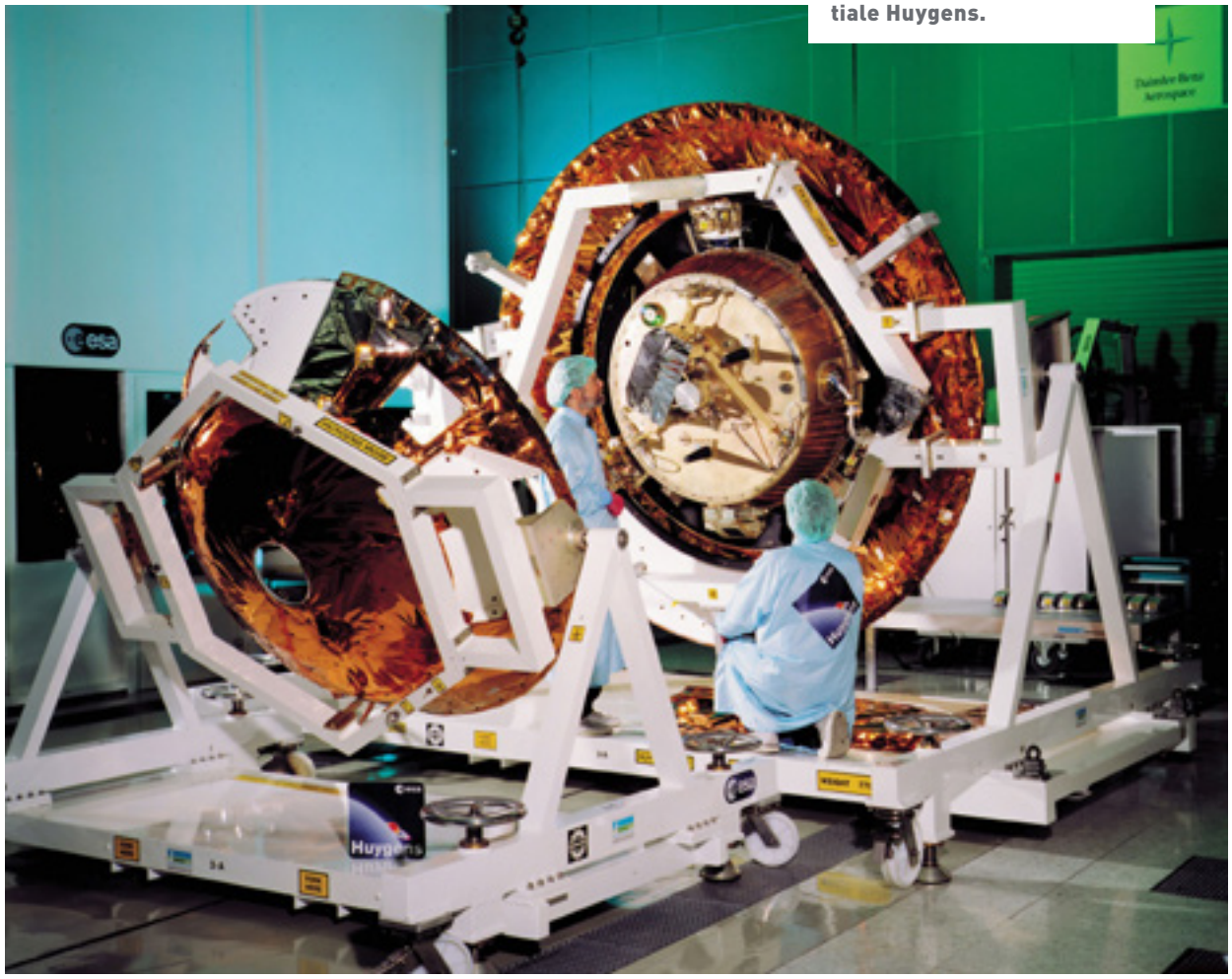
« Les solutions proviennent parfois de confrontations, de points de vue échangés entre des gens qui n'ont pas forcément l'habitude de parler entre eux, par exemple le monde de la recherche d'EDF et le monde médical. Tout le monde s'enrichit et cela permet de trouver des solutions innovantes. »

Éric Molinié

De la démocratisation **des salles blanches**

PHILIPPE SERIEYS

THIERRY GAUDIN
Ingénieur général des Mines,
Expert international en politique d'innovation et en prospective.
Président de l'association Prospective 2100.



Salle blanche de l'agence spatiale européenne où fut assemblée la sonde spatiale Huygens.

ESA

Lorsque j'étais jeune ingénieur des mines dans la région du Nord, le secrétaire général de la Confédération française des travailleurs chrétiens (CFTC) s'appelait Joseph Sauty. Je me souviens qu'il venait me voir pour parler de sa société de sécurité sociale minière. Mon bureau se situait à l'étage et nous n'avions pas d'ascenseur et j'ai pu voir Joseph Sauty complètement épuisé à mi-étage parce qu'il souffrait d'une silicose très avancée ; il en mourra d'ailleurs très peu de temps après, à l'âge de 63 ans. À cette époque, la silicose était la grande maladie professionnelle des mineurs. Les poussières de silice s'agglomeraient dans les poumons, formant d'abord des nodules, puis de grosses boules qui entraînaient une diminution de la capacité respiratoire. Les mineurs qui en étaient atteints finissaient par ne plus pouvoir faire le moindre effort physique. Si je me souviens aussi bien de cet épisode, c'est parce que j'ai été traumatisé de voir souffrir ainsi cet homme qui possédait une personnalité extraordinaire, qui était d'un grand dévouement et aimé de tout le bassin minier.

Les choses ont beaucoup changé depuis. Il n'existe plus de mines en France, elles sont parties de l'autre côté de la planète. Par conséquent, si nous voulons nous intéresser sérieusement à la question de la qualité de l'air, nous ne devons pas nous limiter à la France, ni même à l'Europe. Les images que l'on reçoit en provenance des mines chinoises nous dévoilent une atmosphère nettement dégradée.

Fort heureusement, l'industrie progresse et cette question de la qualité de l'air est en train d'évoluer. De manière générale, ce qui est train de se produire c'est que l'industrie de pointe (qui, souvent, travaille pour les militaires) conçoit un certain nombre de produits et de solutions qui, peu à peu, percolent dans l'industrie de tous les jours. Une industrie de pointe, c'est par exemple l'aéronautique. À Toulouse, où l'on fabrique des satellites, les salles blanches - ces pièces où la concentration particulaire est maîtrisée - forment de vastes halls de montage. Il s'agit d'endroits qui demandent beaucoup d'investissements. Dans l'électronique également, les techniques de contrôle de l'atmosphère se répandent petit à petit. Dans le monde médical aussi bien sûr, ainsi que nous l'a exposé le professeur Maurice Mimoun dont l'installation à l'hôpital Saint-Louis est clairement une installation de pointe. Cependant, on observe que l'industrie agroalimentaire - qui est une industrie que l'on qualifiera du quotidien - commence elle aussi à chercher à contrôler son atmosphère de travail et à opter pour des salles blanches.

Autrement dit, le maintien de la qualité de l'air intérieur est une question qui se démocratise dans le secteur industriel ; ce qui peut nous rendre plutôt optimistes. Et puisque nous avons évoqué, en cette matinée, des choses de l'ordre de l'invisible, je terminerai par cette phrase d'Héraclite : « Le lien qu'on ne voit pas est plus fort que celui qu'on voit. » ■