HAL
open science

Le design dans le transport en commun, vers une climatisation soutenable

Hyunju Park

To cite this version:

Hyunju Park. Le design dans le transport en commun, vers une climatisation soutenable. Art et histoire de l'art. 2013. dumas-00940174

HAL Id: dumas-00940174

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00940174

Submitted on 31 Jan 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le design dans le transport en commun, vers une climatisation soutenable

HYUNJU PARK

SOUS LA DIRECTION DE PIERRE-DAMIEN HUYGHE

M2 DESIGN ET ENVIRONNEMENTS

UNIVERSITE PARIS 1 PANTHEON-SORBONNE
UFR 4 ARTS PLASTIQUES & SCIENCES DE L'ART

SOUTENANCE JUIN 2013

Email : park .hyunju.park@gmail.com

Résumé de mémoire

Nous allons aborder des questions sur les interactions et les influences entre la technologie, l'homme et la nature : comment la nature peut retrouver une position forte dans les objectifs de bien-être de l'homme ? Egalement, comment l'homme peut-t-il se donner les moyens de s'adapter afin de répondre à ses propres besoins de confort thermique ? Enfin, quelle sera la place de la technologie dans son rapport avec l'homme et la nature ?

Nous présenterons les relations entre l'homme moderne, la mobilité urbaine et la technologie.

Nous aboutirons alors sur la définition de deux axes d'ouverture du champ de la climatisation, sur lesquels nous pourrons nous baser afin de proposer des alternatives aux mécanismes actuels de la climatisation. Pour cela, il nous a semblé intéressant de « traduire » différemment certains grands principes liés aux attentes de confort thermique et de « former » ou élaborer de nouveaux concepts qui permettront d'étendre notre esprit créatif vers des dispositifs plus conformes aux objectifs de symbiose entre l'homme et son environnement.

Mot clé : transport en commun, climatisation, soutenable, former, traduire, homme, nature, mobilité, technologie, adapter, eco-tech, environnement

Remerciements

Ce travail de recherche a été mené dans le cadre du Master 2 Design et environnements à l'Université Paris 1 Sorbonne. Je tiens ici à remercier toutes les personnes qui, directement ou indirectement, m'ont permis de mener à son terme ce projet.

Plus particulièrement, je souhaite tout d'abord remercier mon directeur de mémoire, Pierre-Damien HUYGHE pour m'avoir accueillie dans cette formation et m'avoir épaulé dans la réalisation de ce mémoire. J'ai eu la chance de bénéficier de son encadrement positif et attentif et de partager cette rencontre intellectuelle pendant deux ans. Grâce à ses orientations, j'ai pu réaliser ce mémoire dans la sérénité et en toute confiance.

Mes remerciements vont également à David BIHANIC pour m'avoir soumis des références concrètes sur le design. Je désire également remercier Annie GENTES qui m'a apporté de solides connaissances sur les méthodologies de recherche sur lesquelles j'ai pu m'appuyer afin d'alimenter les réponses à ma problématique. Et je suis très reconnaissante de l'enrichissement apporté par Gilles TIBERGHIEN sur les thématiques du paysage et de la nature qui représentent la base importante des messages de ce mémoire.

Un grand merci à Laurent GAGNEPAIN, ADEME, pour sa pédagogie et ses réponses de qualité durant les échanges réalisés. Je suis également reconnaissante envers Christophe RUCKEBUSCH et Christine MOQUET pour m'avoir partagé leurs expériences professionnelles de façon claire et efficace. Les interviews de ces personnes m'ont permis d'apporter une touche d'expérimentation à mes écrits et de les rendre plus concrets.

Je souhaite exprimer ma gratitude envers Suk Hyun KIM qui ma encouragé à finaliser avec soin ce travail, et m'a soutenu en m'écoutant attentivement. Ses conseils et ses commentaires, également au-delà de mes études, m'ont fait réfléchir et, j'espère, fait murir sur de nombreux aspects.
Egalement, je remercie très sincèrement Claudine et Didier BOUGEARD pour leurs soutiens, leurs aides, le travail de relecture finale et de correction.

J'adresse également mes remerciements à Antoine DELINOTTE pour avoir partagé ses efforts et sa passion des recherches.

Je tiens à exprimer toute ma sympathie et mon attachement à mes amis et à ma famille en Corée et en France pour m'avoir encouragé et fait persévérer à vivre

dans un pays aussi lointain que le miens.

Enfin, mes derniers remerciements vont à Christophe BOUGEARD, mon meilleur relecteur, qui m'a sans cesse accompagné pour mon plus grand bonheur, soutenu et motivé à finir cette grande tâche. Je le remercie de tout mon cœur pour sa générosité et sa patience.

SOMMAIRE

Avant-propos (remerciements)

Introduction 5

Chapitre I.
Mobilité et confort, les enjeux 9

1. **L'importance de la mobilité dans la vie contemporaine** 10
   1.1 La mobilité, partie intégrante de la vie quotidienne 13
   1.2 Transport en commun : historique et développement 16
   1.3 Bien-être et qualité de vie : homme et environnement 16
   1.4 Modernités des transports en commun 17

2. **Les enjeux des déplacements par les transports en commun** 19
   2.1 La source énergétique 19
   2.2 L'épuisement de l'énergie 20
   2.3 Destruction de l'environnement 21
   2.4 Le confort sous condition de durabilité 22

3. **Exigences en matière de confort** 25
   3.1 Les sens de confort 25
   3.2 Le confort thermique 27
   3.3 Climat : Bioclimat et symbiose 28

Conclusion 32

Chapitre II.
Le confort thermique dans les transports en commun :
le rôle de la climatisation 35

1. **Qu'entendons-nous par le terme « climatisation » ?** 36

2. **Le développement de la climatisation dans les transports publics** 39

3. **La composition du système et ses fonctions** 40

4. **Les éléments du confort contrôlés par la climatisation** 42
   4.1 Les facteurs extérieurs indépendants de l'homme 42

4.2 Les facteurs appartenant directement à l'homme 44

5. Les mises en situations actuelles de la climatisation dans les transports en commun 47
5.1 L'actualité à Paris, et dans plusieurs villes en France 47
5.2 L'actualité à Séoul 52
5.3 La climatisation au sein des processus de conception 56

6. La nécessité de la climatisation soutenable 57
6.1 La climatisation durable ou soutenable 58
6.2 Les énergies d'avenir 59
6.3 Du « macro » vers le « micro » 64
6.4 Des expériences anciennes à ressortir 66

Conclusion 68

Chapitre 3.
La climatisation vers l'équilibre entre l'homme et la nature 70

1. La connexion à la nature, une nécessité 72

2. Le positionnement de l'homme : anthropocentrisme et écocentrisme 74
2.1 L'homme, en tant que dominateur 75
2.2 L'homme, un composant de l'écosystème 76

3. Une orientation alternative, « Eco-tech » 79

4. La climatisation soutenable, de nouveaux paramètres 81
4.1 Adaptation de l'homme par les aspects sensoriels 81
4.2 Récupération des éléments invisibles 85

Conclusion 88

Chapitre 4.
Le champ de la climatisation, deux axes pour mener à la diversité 90

1. **Un changement de contexte et une évolution des exigences : une nécessité de « traduire »** 91
1.1 Modernisation de la climatisation 92
1.2 Le confort thermique, des exigences spécifiques à la mobilité 94
1.3 Passif vers actif : les voyageurs deviennent acteurs 95

2. **De nouvelles variables à associer : « Former »** 97
2.1 Sensations des voyageurs 97
2.2 stratégie de masse vers le locale 104

Conclusion 107

Chapitre 5.
Mise en situation :
Design de climatisation soutenable dans les stations de métro 109

Conclusion générale 114

Bibliographies

Annexes

Introduction

« L'être commence par le bien-être. »[1] Gaston Bachelard, estime que pour pouvoir exister et donc vivre, l'homme doit être « bien » dans son esprit et dans son corps. C'est-à-dire que cela suppose qu'il est sans arrêt à la poursuite de son confort afin d'atteindre son équilibre au sein de sa maison, ou même pour élargir, au sein de son environnement. Quand Bachelard exprime cette idée, il semble cibler l'humain, mais est-ce que la nature est intégrée dans cette fameuse phrase ? En effet, son existence est très associée à celle de son environnement naturel.

Cependant, pour parvenir à son bien-être, l'homme compte davantage sur la technologie qui l'aide chaque jour à répondre à ses objectifs de satisfaction relatifs à différents types de confort.

Notamment, le confort thermique est de nos jours représenté par l'utilisation d'un système de climatisation qui provoque de « l'inconfort » envers la nature.

En termes de pollution environnementale, « *50% des émissions de CO^2 trouvent leurs origines dans ce que nous mangeons, les moyens de transports que nous utilisons et la façon dont nous nous chauffons* »[2]. Certains activistes comme Nicolas Hulot considèrent qu' « *il faudrait diviser par dix la consommation énergétique afin de parvenir à un niveau soutenable de mode de vie pour la terre* »[3] et diminuer l'influence sur l'effet de serre.

En effet, nos propres déplacements prennent une part de plus en plus prépondérante dans ce que l'on appelle « l'empreinte écologique ». C'est ainsi que nous avons choisi dans notre recherche d'analyser le champ de la climatisation au sein des transports en commun qui représentera un poste important dans l'avenir. En effet, l'amélioration du confort thermique est une question fréquemment soulevée par les voyageurs et un sujet

[1] BACHELARD, Gaston. La poétique de l'espace, Presses universitaires de France. Paris, 1989. p.103
[2] Site internet de la fondation de Nicolas Hulot : www.fondation-nicolas-hulot.org
[3] Conférence de Nicolas Hulot sur la transition énergétique, octobre, 2012

primordial pour convaincre davantage de citadins de basculer du mode individuel vers le collectif.

A travers cet état des lieux, nous allons aborder des questions sur les interactions et les influences entre la technologie, l'homme et la nature : comment la nature peut retrouver une position forte dans les objectifs de bien-être de l'homme ? Egalement, comment l'homme peut-t-il se donner les moyens de s'adapter afin de répondre à ses propres besoins de confort thermique ? Enfin, quel sera la place de la technologie dans son rapport avec l'homme et la nature ?

Il semble évident que la mobilité est de nos jours et pour les décennies à venir un domaine sur lequel il sera nécessaire d'appliquer des transformations afin de répondre à l'évolution de la société. Nous devrons ainsi présenter ses caractéristiques au sein de notre mode de vie et en ressortir les grands enjeux relatifs au confort qui devront être pris en considération. Ce sera l'occasion de présenter les relations entre l'homme moderne, la mobilité urbaine et la technologie.

Dans un deuxième temps, nous nous focaliserons sur le confort thermique, le rôle de la technologie actuelle et les opportunités de développement qui entourent la problématique de la climatisation soutenable, ceci en nous appuyant sur une méthodologie à la fois liée à l'expérimentation mais également à partir d'échanges réalisés avec des professionnels.

De ces constats, nous reviendrons davantage sur des aspects théoriques en mettant en avant les orientations possibles vers lesquelles la climatisation peut générer d'un côté l'équilibre entre l'homme et son environnement, mais à la fois se servir de la technologie comme un outil permettant à l'usager de s'adapter à l'ambiance climatique. Nous verrons également comment les capacités biologiques peuvent intervenir et être mieux utilisées afin de parvenir aux mêmes objectifs d'origine.

Nous aboutirons alors sur la définition de deux axes d'ouverture du champ de la climatisation, sur lesquels nous pourrons nous baser afin de proposer des alternatives aux mécanismes actuels de la climatisation. Pour cela, il nous a semblé intéressant de « traduire » différemment certains grands principes liés aux attentes de confort thermique et de « former » ou élaborer de nouveaux concepts qui permettront d'étendre

notre esprit créatif vers des dispositifs plus conformes aux objectifs de symbiose entre l'homme et son environnement.

Enfin, nous vous présentons quelques orientations ou idées de projets de design de climatisation soutenable dans les stations de métro. Ces propositions sont très brièvement abordées dans ce mémoire mais feront l'objet d'une exposition plus concrète et imagée lors de la soutenance.

Chapitre I.

Mobilité et confort, les enjeux

1. L'importance de la mobilité dans la vie contemporaine

Il est impossible de rendre la ville et la vie meilleure sans aborder la question des transports qui occupe une grande partie de notre quotidien. Jeremy Rifkin a avancé que les secteurs les plus importants dans trente ans, seront le transport en commun et la construction écologique dans le sens du développement économique et social.[4]

En effet, la mobilité devient désormais inséparable de notre vie contemporaine et apparait de plus en plus comme un grand sujet social dans lequel nous devrons progressivement apporter des réponses aux enjeux actuels pour améliorer notre vie et celle des nouvelles générations. Dans ce cadre, nous nous intéresserons plus précisément à la modernisation du transport en commun en analysant ses effets sur le bien-être des usagers qui ont des exigences de sécurité, de confort, et d'efficacité.
A l'origine, l'homme recherchait des modes de transports fonctionnels qui répondaient à un besoin simple, c'est-à-dire de parvenir à destination. Ensuite, il a souhaité arriver à destination plus rapidement et exige maintenant davantage de confort dans le cadre de son voyage.

1.1 La mobilité, partie intégrante de la vie quotidienne

La définition du 'déplacement' semble différente entre aujourd'hui et cinquante ans auparavant. Dans le passé, le 'déplacement' correspondait souvent à un long trajet pour un long séjour, mais dorénavant, il représente davantage des trajets fréquents et rapides sur des courtes et longues distances.
De génération en génération, la fréquentation et le temps passé dans les transports en commun se sont développés de façon exponentielle. Nos parents avaient à leur disposition moins de possibilités de se déplacer en mode organisé et le besoin s'en faisait moins ressentir, les villes étant plus petites et une grande proportion de la

[4] Jémémy Rifkin au Forum International des Transports, à LEIPZIG en Allemagne, 25-27 mai 2011

population habitant davantage en campagne.

Anciennement, même si les gens se déplaçaient moins fréquemment et moins loin, les transports étant moins rapides, les voyageurs passaient en revanche plus de temps dans leur déplacement dans des conditions souvent moins confortables dans lesquelles ils s'adaptaient (le confort des sièges, la chaleur, le froid, etc.). Cependant, aujourd'hui les modes de transport sont plus efficaces et en même temps, de part la fréquence de leur utilisation, nous y passons donc plus de temps. Aussi, la destination de nos voyages est de plus en plus lointaine. En effet la distance entre l'habitat et la zone d'activité est de plus en plus étendue du fait de l'agrandissement de la taille des villes.

« 40 à 50 % des familles résident dans la commune de leur lieu de travail, 66 à 72% dans le même département, et 40% des déplacements s'effectuent dans un rayon de trois kilomètres du domicile. »[5]

De plus, la fréquentation des transports est devenue tellement dense que les voyages peuvent devenir parfois moins confortables malgré leur efficacité et leur rapidité. Le confort prend donc une dimension nécessairement primordiale.

Pourquoi s'intéresser aux mobilités urbaines ?

Les villes changent grâce aux nouvelles mobilités. L'intégration de nouvelles pratiques de déplacement ou la modification du paysage urbain en faveur de la mobilité publique (voie de bus, Autolib' et Vélib' à Paris, prolongation des lignes de métro ou tram, etc.) ont un impact sur la transformation des habitudes des citadins et sur la cohérence fonctionnelle et architecturale de la ville.

Aussi, l'expression « métro-boulot-dodo » résume la vie citadine en répartissant la journée d'un individu en trois espaces « transport-bureau-maison ». Cependant, nous ne passons pas la même proportion de temps dans chaque espace, le transport représentant une plus petite partie. Le besoin de confort ne serait-il pas alors différent dans les transports par rapport aux autres espaces ?

[5] MANGIN, David, *La ville franchisée, formes et structures de la ville contemporaine*, Edition de la villette, Paris, 2004, p.12

Etre mobile est devenu un style de vie dans lequel les stations de métro ou les arrêts de bus, mais aussi les gares, l'autoroute ou les halles d'aéroport sont des lieux aujourd'hui familiers.[6] La mobilité est alors nécessairement intimement liée au style de vie. Lors de la conception de l'urbanisme, les exigences doivent anticiper le mode de vie en considérant le mode de déplacement comme étant une clé essentielle.

Par exemple, dans le cas du déplacement domicile-travail, tous les déplacements se font dans un sens le matin et dans l'autre en fin de journée (migration pendulaire). Sur cet aspect, nous pouvons imaginer que si les citadins utilisent davantage les transports en commun, le besoin de stationnement individuel sera alors moins fort et la ville pourra réserver ainsi une plus large importance à l'espace public (jardin, espace culturel, etc.)
Aussi, dans les certaines villes, les transports en commun sont considérés comme un symbole de la ville comme par exemple à Londres et à Paris où les métros sont considérés comme des lieux touristiques. Ainsi, ses couleurs, ses formes, ses espaces et ses propres signalétiques influencent l'image de la ville. La première impression de la ville pour les visiteurs est créée souvent par les transports en commun, sous le signe de la propreté, la sécurité et les commodités de communication.
Alors, l'amélioration des transports en commun est un facteur très important au sens large, pour le développement de la ville et de l'urbanisme.

L'urbanisme, les modes de vie et les déplacements sont alors liés entre eux et doivent également être en cohérence avec le développement durable d'une ville. Cette notion, qui est apparue au niveau planétaire lors du Sommet de la Terre en 1992, repose sur une gestion économique et écologique durable en faveur du bien-être social et individuel de tous. Cela impose de mettre en place une vraie symbiose entre les choix économiques, technologiques et sociaux. Une politique d'approche globale du développement urbain doit ainsi permettre d'inventer une ville plus agréable à vivre, dans laquelle le transport public est un atout.[7]

---

[6] ALLEMAND, Sylvain, ASCHER, F, URRYRF, J, *Les sens du mouvement*, Belin, Paris, Colloque de Cerisy/institut pour la ville en mouvement, 2004, p.37
[7] RIACHI, Youssef, *Etude et simulation d'un système de climatisation pour bus de transports en commun conception et réalisation d'un démonstrateur*, Thèse de doctorat Energétique, Ecoles des Mines de Paris, novembre 2005, p.4

Le transport a donc un rôle à jouer dans la recherche de solutions pour offrir une qualité de vie qui correspond à la définition du bien-être par les citadins.

1.2 Transport en commun : historique et développement

Les transports en commun ou collectifs représentent tous les moyens de transport dans lesquels les passagers ne se déplacent pas individuellement. Ils sont catégorisés en plusieurs types selon la surface ou l'espace sur lequel ils se situent :

- Le transport de personne routier : autobus, trolleybus…
- Le transport de personne ferroviaire : train, RER, métro, tramway…
- Le transport maritime ou par voie d'eau : bateau, ferry, navette fluviale…
- Le transport aérospatial dont le transport aérien : avion…
- Etc.

Le périmètre de nos recherches concernera davantage les transports routier, et ferroviaire. Egalement au sein de cette thématique, à côté du mode transport lui-même, nous devrons considérer l'espace dans lequel il circule ou dans lequel les voyageurs patientent (le quai, l'hall d'attente, les arrêts de bus, les stations de métro, les gare, etc.)

En France, les premiers transports en commun sont apparus au début du 19ème siècle sous la forme de l'omnibus (à Nantes, en 1828) fonctionnant grâce aux chevaux. Lorsque les villes commencent à grandir par la croissance de la population et l'expansion de l'industrie, les tramways électriques ont été mis en œuvre au début du 20ème siècle. Après la Seconde Guerre mondiale, face à la problématique de la croissance de la population, l'autobus fonctionnant au pétrole remplace progressivement le tramway dans la majorité des villes de France, d'Espagne, de Grande Bretagne et d'Amérique du Nord,[8] le nombre des tramways ou des métros n'étant pas suffisant.[9]
Ensuite, la voiture apparaît comme le mode dominant et systématique du déplacement. L'argument du confort, de l'indépendance oppose ce mode de déplacement aux

[8] Optymo, *Dossier histoire des transports en* commun, http://www.optymo2.fr/, consultée le 11 février 2013
[9] MARGAIRAZ, Michel, *Histoire de la RATP*, Paris, Edition Albin Michel, 1989, p.89

transports en commun.[10] Malheureusement, nous n'avions à cette époque pas anticipé la situation environnementale alarmante qui occupe nos consciences de nos jours et qui nous impose de repenser notre rapport avec la voiture individuelle.
En Corée du sud, le transport en commun a commencé plus tardivement par un tramway en 1899 à Séoul et par des bus publics en 1928, cependant le développement des circuits de bus s'est véritablement engagé dans les années 60 après la guerre 1950-1953 entre les deux Corée. Ensuite, les métros ont été mis en place dans les années 70 et sont devenus plus actifs dans les années 80. Cependant, en parallèle, la voiture individuelle a eu un essor plus rapide en raison de la recherche par les citadins de davantage de confort et d'efficacité dans leurs trajets.

Ainsi, pour parer à la problématique du confort, la modernisation et le développement des transports en commun en Corée a commencé dès les années 1990 à 2000[11], tandis qu'en France, elle avait déjà démarré dans les années 80.[12]

Aujourd'hui, le mode de transport électrique non polluant progresse doucement. Notamment les tramways, les métros, les trains et même les bus s'implantent de façon très active dans l'environnement urbain.[13]

La Corée du sud a alors bénéficié d'une technologie plus récente lors de la refonte de son système de transport. Cela a permis de mettre en place des solutions de confort plus pérennes et de suivre l'évolution de la vie moderne.

Mais posons-nous la question : quel type de modernisation a été réalisé ?
Que signifie la modernisation du transport en commun ?

Finalement, le sens de la modernisation telle qu'elle est pratiquée lors de l'installation de nouvelles rames ou l'utilisation de nouveaux matériaux, est une réponse aux exigences de l'homme qui demande un moyen de transport plus efficace et moins

[10] DELARGE, Alexandre, GAUDIN, Pierre, *Ville mobile*, Paris, Creaphis, 2003, p.104
[11] Ministère des Transports en Corée du sud, *Le planning de transport en commen (2012-2016)*, http://www.mltm.go.kr, consultée le 11 février 2013
[12] Optymo, *Dossier histoire des transports en commun, art. cit.*
[13] MERLINO, Carine, *Le tramway parisien des Maréchaux sud*, Paris, Editions Jean-Michel Place, 2005

contraignant.
Le point vue anthropocentrique par lequel l'intérêt de l'homme passe avant celui de la nature est toujours bel et bien présent. Alors, la technologie en tant que telle n'a en effet pas vraiment évolué par rapport à son impact sur l'environnement. Ces questions seront détaillées dans un chapitre un peu plus loin dans ce rapport.

Mais arrêtons-nous un instant sur le mot « moderniser ». Dans le fait de moderniser quelque chose, nous n'incluons pas l'intention de protéger ou de ne pas détruire la nature et indirectement l'humain.

En conséquence, lors de la modernisation, l'humain a détruit son environnement, et paradoxalement ce résultat a provoqué une diminution de bien-être qui aurait pourtant dû s'améliorer puisque la modernisation avait pour principal objectif de permettre à l'homme de satisfaire ses besoins.

Ne devrions-nous pas modifier la définition de la modernisation en prenant en compte le fait que moderniser doit apporter quelque chose de bénéfique pour l'homme et également pour l'environnement ?

Effectivement les moyens de mobilité ont apporté un changement de style de vie pour l'humain et également une modification de la nature. Au regard de la pollution environnementale, nous devrions sans doute aborder la question : Qui est responsable de ce phénomène ? Qui pourrait résoudre ces problèmes ? Les usagers, les opérateurs ou les producteurs ? Sinon le système économique ?

En France, la plupart des transports en commun sont fonctionnarisés.[14] Les bus à Séoul sont semi-fonctionnarisés depuis 2004 et l'Etat finance la partie déficitaire pour l'entreprise privée. Alors, dans ce cas, ne pourrions-nous pas considérer que le service public et donc l'Etat a une grande part de responsabilité ?

[14] MARGAIRAZ, Michel, *Histoire de la RATP*, *op. cit.* p.70

1.3 Bien-être et qualité de vie : homme et environnement

Nous supposons qu'à l'avenir, grâce à la mondialisation, l'internationalisation, et l'augmentation du revenu national, le niveau d'expectation pour les services de transport va prendre de l'ampleur. Ainsi à travers les transports publics, nous prendrons en considération le bien-être des passagers et en particulier leur confort thermique sur lequel nous allons baser notre recherche dans ce rapport.

Le Larousse définit le « Bien-être » comme l'« état agréable résultant de la satisfaction des besoins du corps et du calme de l'esprit »[15]
Par cette définition, nous comprenons que seul l'homme est toujours le sujet principal de cet état de bien-être, alors que nous ne faisons pas de lien entre la nature et le mot bien-être.
Au 21ème siècle, ne devrions-nous pas mettre en valeur « le bien-être de la nature » ?

En effet, aujourd'hui, le bien-être de l'homme amène plutôt le « mal-être » de l'environnement. Notamment, les besoins individuels de l'homme tels que la voiture, les mécanismes techniques utilisant l'énergie carbone et la consommation à outrance provoquent des impacts néfastes sur le bien-être de la nature.

Actuellement, dans le transport en commun, le confort thermique des voyageurs, assuré principalement par le système de conditionnement d'air, représente un élément essentiel influant sur le confort global : positivement pour le confort de l'homme et négativement pour celui de la nature.

Sur ce point, pouvons-nous réfléchir à une extension du concept de climatisation s'appliquant à la fois à l'environnement et à l'humain à travers l'amélioration de la qualité des transports en commun ?

Une autre approche du bien-être doit également être mise en avant. En effet, au fil des

[15] Bien-être (2013), Dictionnaire Larousse, Consulté le 3 avril 2013, http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/bien-%C3%AAtre/9159

décennies, l'homme est devenu de plus en plus exigeant envers son désir de confort. Cela a provoqué le fait que notamment pour le confort thermique, la technologie a due être utilisée de façon plus extrême, ce qui enferme davantage l'homme dans un climat artificiel et l'éloigne de celui de la nature. Ainsi, l'homme ne perd-t-il pas la notion d'adaptation en privilégiant les fonctions techniques aux fonctions physiologiques ?

Pour aboutir au bien-être social, individuel et aussi naturel de tous, cela impose de mettre en place une vraie symbiose entre les choix économiques, technologiques, sociaux et environnementaux. Sur ce point de vue politique d'approche globale du développement urbain, ces principes permettront d'inventer une ville plus agréable à vivre, dans laquelle le transport public est un atout

1.4 Modernités des transports en commun

De nos jours, les nouveaux concepts de transport en commun intègrent de plus en plus le besoin de contrôler l'air ambiant parmi l'ensemble des options de confort demandées par les usagers. Ce principe s'est accentué notamment sur la lancée de l'utilisation des systèmes de climatisation dans les voitures individuelles. Cependant, ces nouvelles techniques sont énergétiquement très consommatrices. Malgré ce constat, l'adoption de ces nouveaux systèmes est un élément essentiel de la modernisation des transports depuis 1930.[16] En effet, dans cette évolution, nous pouvons distinguer deux situations : l'une, ancienne, dans laquelle l'air ambiant n'est pas modifié, et l'autre, nouvelle, dans laquelle l'air a subi une transformation artificielle. Chacun peut alors juger qu'un progrès a été réalisé afin de répondre à un besoin, ce qui nous amène à l'idée que le confort thermique est une caractéristique de la modernité.

Le mot modernité vient du latin *modus* qui signifie « maintenant ». Temporellement, la situation de modernité se situe dans le présent en comparant la situation passée. Ainsi, la modernité a été définie comme un choc produit par la nouveauté lorsqu'elle est

[16] RIACHI, Youssef, *Etude et simulation d'un système de climatisation pour bus de transports en commun conception et réalisation d'un démonstrateur*, *op. cit.* p.15

littéralement greffée sur le « vieux tissu urbain ». Les notions de « vieux » et de « nouveau », le matériau du passé et du présent font partie de la sensibilité moderniste. Cette idée de la modernité apparait alors comme un point précis dans le temps. La modernité telle qu'elle semble être définie aujourd'hui, ne provoque-t-elle pas les impacts négatifs sur la vie future humaine et environnementale ?
En revanche, si nous prenons l'hypothèse que le temps est continu, le passé, le présent, et le futur sont des « périodes » qui ont un lien de continuité. La modernisation, ne pourrait-t-elle pas alors prendre en considération cette notion de durabilité ?
En partant sur ce principe, la conception de « modernités » s'appuierait ainsi sur l'expérience du passé, la situation présente mais également sur la pérennité dans le futur.

Aujourd'hui, lorsque nous étudions les résultats de la modernisation dans des domaines différents, nous observons que l'homme a bien reçu directement des bénéfices mais que la nature a été impactée de façon négative et menace alors notre vie quotidienne et plus gravement notre avenir.
Nous pouvons nous poser la question : la modernisation a-t-elle été toujours bien valorisée ? L'effet de modernité qui ne s'est pas projeté dans l'avenir, ne devrait-il pas diminuer sa valeur ? Même si nous avons eu des bénéfices (comme l'efficacité, le confort, l'économie, etc.), nous devrions en effet enlever à ses valeurs l'impact négatif subi par la nature qui, indirectement, détruit les bénéfices envers l'homme ?

Désormais, nous devrions avoir une condition préalable pour réaliser la modernité : « respecter la nature ». Jusqu'à maintenant, nous étions habitués à penser à l'idée de la gratuité de la nature et une nature éternelle. Ces pensés erronées ont été intégrées dans la notion de la modernisation dans laquelle la nature a été oubliée.
Dorénavant, comment moderniser la mobilité de façon à reconnecter l'homme avec les éléments naturels ?

2. Les enjeux des déplacements par les transports en commun

Nous avons vu précédemment que le transport en commun est une nécessité de nos jours, et que l'homme, à côté de son besoin de mobilité, a fait évoluer ses exigences de confort. Cela a favorisé un développement technologique de ce type de mobilité. Cependant, nous avons montré que le transport a évolué également par lui-même en mettant en place des réalisations qui ont pu transformer les habitudes des usagers et ont impacté la qualité de vie au sens général. En revanche, nous avons vu que toutes ces modernités impactent en partie l'environnement, ce qui nous laisse penser que la valeur de la modernisation n'est alors pas forcement positive pour l'homme et que le bien-être de la nature doit davantage être pris en considération en adaptant la technologie mais sans doute également en demandant à l'homme de faire des efforts d'adaptation.

En termes d'impact sur l'environnement, nous pourrions étendre ce sujet sur de multiples domaines dans lesquels le transport en commun apporte des effets négatifs sur la nature, l'atmosphère et le bien-être de l'homme (par exemple : l'utilisation des matériaux, la modification des sous-sols, la transformation des espaces naturels, etc.).

Mais nous allons nous focaliser sur les enjeux directement liés à l'énergie, notamment concernant l'accès aux ressources et la pollution environnementale.

2.1 La source énergétique

En termes de consommation d'énergie, étant donné que les voyageurs sont rassemblés dans un même transport en commun, ce dernier sera plus économique que les transports individuels. Il est donc important d'améliorer les conditions de transport en commun pour diminuer l'usage de la voiture individuelle. Mais, l'autobus qui est le moyen de transport majoritairement utilisé, a besoin principalement pour avancer d'une source d'énergie fossile : le pétrole. En plus de ce besoin de base, étant donné la nécessité de l'amélioration du confort, tel que les systèmes de climatisation ou de chauffage, ce type

de mobilité doit alors surconsommer et utiliser ainsi davantage d'énergie.
Mais où peut-on obtenir cette énergie fossile ? En Europe, nous sommes souvent dépendants des pays producteurs de pétrole, ce qui amène régulièrement des problèmes de tension sur le plan économique et financier. Il est donc nécessaire d'engager la transition énergétique.

En effet, en Ile de France où nous ne produisons ni gaz naturel ni charbon, des énergies alternatives telles que la géothermie et la valorisation des déchets assurent une part plus importante que dans les autres régions. Malgré cette évolution, « *le transport en commun représente trois quarts de la consommation de produits pétroliers (transport routier et aérien essentiellement). Aussi, il compte environ 8 % de la consommation régionale d'électricité (transports ferroviaires)* ». [17] Nous avons ici une opportunité de basculer d'un modèle utilisant principalement le pétrole vers un nouveau modèle plus indépendant et tourné vers des énergies ou des dispositifs émettant moins de CO_2.

2.2 L'épuisement de l'énergie

Le transport public participe activement, à la lutte contre l'effet de serre qui est devenue une obligation internationale depuis la signature du Protocole de Kyoto en décembre 1997, il participe aussi à la politique d'optimisation des ressources énergétiques et à la lutte contre les nuisances sonores.
Une recherche en 2010 par l'Etat sud-coréen a estimé l'utilisation d'énergie pour les transports à la hauteur de 33,2% et prévoit qu'en 2030, étant donnée la problématique d'accès aux ressources, nous ne pourrons utiliser que 81% de l'énergie nécessaire à nos besoins.[18]
Egalement, l'organisme 'International Energy Agency' a annoncé une statistique de 40% d'augmentation de la consommation de carburant de l'essence entre 2006 et 2030. Cependant, la production de pétrole est maintenant presque parvenue à son maximum,

[17] MERLIN, Pierre, *Transports et urbanisme en île de France*, Paris, la documentation française, 2012, p.130
[18] Ministère des Transports en Corée du sud, *Le planning de transport en commun (2012-2016)*, http://www.mltm.go.kr, Consultée le 11 février 2013

et bientôt dans 40-70 ans, nous manquerions de cette énergie.

Finalement, l'enjeu du siècle est de trouver des énergies alternatives (solaire, éolien, géothermie, etc.) pour remplacer le pétrole. A travers les idées de Jeremy Rifkin, nous pouvons imaginer qu'à l'avenir, ces nouvelles énergies peuvent répondre à l'évolution des besoins de l'homme. Cependant, il avance le fait que ce type de transition énergétique aura nécessairement un impact sur le fonctionnement de la société. Parviendra-t-on à un modèle moins hiérarchique mais davantage décentralisé ?
En effet, cet auteur estime que la notion de possession d'énergie sera plus faible étant donné que personne ne pourra avoir le monopole des nouvelles énergies telles que le solaire, ou le vent. Alors, ce phénomène pourra provoquer le passage d'un système de société verticale à un modèle plus horizontal.[19]

2.3 Destruction de l'environnement

Les symptômes de la pollution environnementale apparaissent dans plusieurs domaines. Dans les transports, la pollution intervient plutôt au niveau de l'effet de serre et du réchauffement climatique à travers des émissions de dioxyde de carbone (20 % de l'émission provient des transports utilisant l'énergie fossile.). Signé le 11 décembre 1997 lors de la 3ème conférence annuelle de la Convention (COP 3) à Kyoto, au Japon, ce protocole a limité l'émission de la quantité des gaz suivants entre 2008 et 2012 de 5,2% par rapport au niveau de 1990 dans les pays développés : dioxyde de carbone, méthane, protoxyde d'azote et trois substituts des chlorofluorocarbones.

Le grand enjeu de la société actuelle et future est la protection environnementale. Comme Antoine de Saint-Exupéry l'exprime, « *on n'hérite pas de la terre de nos ancêtres, on l'emprunte à nos enfants.* ». Nous avons la responsabilité de résoudre la situation pour éviter l'épuisement des ressources et la pollution environnementale afin d'assurer un avenir pour les générations suivantes.

19 RIFKIN, Jeremy, *L'économie hydrogène : après la fin du pétrole, la nouvelle révolution économique*, *s.i.* La Découverte, 2002

2.4 Le confort sous condition de durabilité

Le transport est la fonction de déplacement spatial pour les personnes afin de répondre à leurs besoins et permettre la réalisation de leurs activités. Ainsi, il a un rôle très important pour le développement économique et social. Mais, de part son impact environnemental, il menace la santé humaine et l'écosystème. Ce système actuel n'est alors pas durable.

La question de la durabilité est basée sur l'idée que nous ne sommes pas dans la situation durable en termes d'environnement, de génération, et d'existence. Car l'activité économique actuelle poursuit uniquement le développement social et économique sans prendre en compte les frais de destruction environnementale et de son recouvrement qui sont les résultats de ses activités.

Les conditions du développement durable doivent remplir les deux conditions ci-dessous :

- Satisfaction de la génération actuelle
- Ne pas contraindre les besoins des générations à venir

En effet nous avons besoin d'envisager la limite environnementale entre la société d'aujourd'hui et d'avenir. A partir de cette limite, nous devons préparer les bases économiques, sociales, et environnementales.
Ainsi, dans le cadre du développement durable, le taux d'utilisation des ressources renouvelables ne doit pas dépasser le taux de renaissance de ces mêmes ressources, et le taux d'utilisation des ressources non renouvelables (comme le pétrole) doit être inférieur au taux de développement des ressources alternatives (comme le gaz, l'électricité, etc.). Ainsi, le taux de dégagement de pollution environnementale ne doit pas être supérieur à la capacité de la terre d'absorber cette dégradation.

Aujourd'hui, nous mettons en avant le transport par l'électricité. Mais, engager une

transformation vers le « tout électrique », est-ce une réponse à la problématique de la durabilité ?

Dans ce cadre, Laurent Gagnepain qui est responsable d'étude dans le service transport et mobilité au sein de l'ADEME, justifie que nous ne pouvons pas produire aujourd'hui autant d'énergie électrique afin de répondre à l'ensemble de la consommation nécessaire pour tous les transports. En outre, le système électrique ne fabrique pas suffisamment de chaleur gratuite via le moteur afin de la réutiliser pour le chauffage en hiver. Ainsi, un système de chauffage spécifique doit être ajouté à l'installation, ce qui nécessite la consommation davantage d'énergie.[20] Finalement la transition vers l'énergie électrique n'est pas efficace, et impose d'augmenter de façon considérable les capacités de production.

Ce contexte nous amène à penser que ce système n'est pas non plus durable.
Une autre alternative serait l'utilisation d'une énergie moins polluante comme l'énergie d'hydrogène. Par exemple, en Allemagne, l'Etat engage beaucoup d'investissement dans ce domaine. Jeremy Rifkin considère que l'énergie d'hydrogène est un élément accessible dans le monde entier, contrairement à l'énergie fossile qui se situe seulement dans quelques pays. Ainsi, comme la quantité de cette énergie est infinie, le coût de production sera de plus en plus faible, proche de zéro. Par exemple, à Monaco, un projet de changement de système d'alimentation par l'énergie hydrogène a déjà été lancé pour l'ensemble du réseau de bus publics.[21]

Dans tous les cas, il s'agit de diminuer la consommation d'énergie. Les nouvelles technologies peuvent assurément mettre en avant des découvertes favorables à l'efficacité des mécanismes. Mais n'y a-t-il pas des efforts à réaliser dans le cadre de la diminution du gaspillage énergétique et de l'adaptation de notre réflexion pour atteindre cet objectif, notamment le changement de nos comportements quotidiens ?

[20] GAGNEPAIN Laurent, ADEME, responsable d'étude dans le service transport et mobilité, 27 mars 2013, interview téléphonique
[21] RIFKIN, Jeremy, *L'économie hydrogène : après la fin du pétrole, la nouvelle révolution économique*, *s.i*, La Découverte, 2002

La solution alors ne serait-t-elle pas d'identifier d'autres façons de concevoir les espaces de transport afin de répondre aux différents besoins des usagers sans pour autant augmenter la consommation d'énergie ?

Avant de répondre à ces questions, nous devons analyser et préciser les éléments qui influent sur les comportements des usagers dans la pratique des transports en commun.
Parmi des principaux besoins, nous pouvons faire ressortir la vitesse de déplacement, la sécurité, et le confort. Ces trois critères de satisfaction des usagers sont primordiaux afin d'atteindre leurs objectifs. Pour notre étude, nous allons nous focaliser sur la notion de confort, du bien-être des voyageurs en abordant plusieurs composants et notamment en précisant les contours du confort thermique.

3. Exigences en matière de confort

Désormais l'objectif du développement des transports publics n'est plus uniquement le déplacement, mais il doit viser dorénavant à répondre à des contraintes de sécurité et de confort. L'atteinte de ces buts va convaincre davantage d'usagers à prendre les transports en commun et enfin, produira des effets bénéfiques pour l'environnement.

Dans les transports en commun, y compris dans leurs gares, leurs wagons ou leurs quais, l'ambiance se constitue en mixant plusieurs facteurs : l'éclairage, le confort thermique, la signalétique de l'espace, la qualité acoustique, etc.
Alors, divers secteurs de professionnels en tant que designers, architectes, et ingénieurs travaillent sur les différents éléments pour des travaux de rénovation et les nouvelles constructions.
Nous avons pu notamment observer dans le secteur du train à la SNCF, qu'une création d'entreprise en 2009 appelée «Gare&Connexions » a été réalisé pour lui confier la responsabilité de la mission de la modernisation des gares françaises.

3.1 Les sens de confort

Le confort global d'un passager peut être classé selon trois grandes catégories, dont chacune est constituée de plusieurs éléments.[22]

Comme nous le présentons ci-dessus, plusieurs facteurs apportent leur propre sensation de confort. Cependant, il semble difficile d'analyser leur impact de façon séparée. En effet, ils s'influencent entre eux et ne sont pas forcément très mesurables de façon objective. Les aspects ergonomiques, la capacité à se reposer, ou l'aspect relationnel et social sont des critères de confort qui vont dépendre de la sensibilité de chacun et dont nous ne pourrons aisément calculer le résultat du confort général. Il s'agit de confort

[22] RIACHI, Youssef, *Etude et simulation d'un système de climatisation pour bus de transports en commun conception et réalisation d'un démonstrateur*, *op. cit.* p.11

immatériel. Tandis que le son, la lumière ou le confort thermique correspondent à des éléments constituant l'ambiance davantage « matérielle », et donc sont plus mesurables.

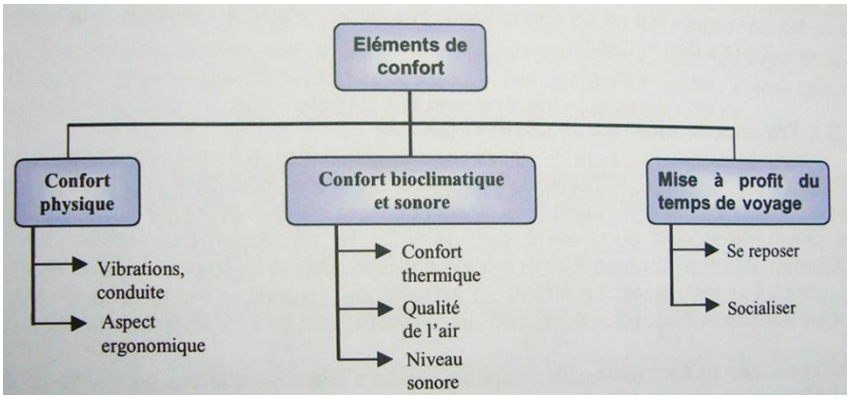


Fig. 1 Organigramme des éléments de confort
Source : RIACHI, Youssef (2005), p.11

Une étude statistique réalisée par « le syndicat de transports d'Ile de France » en 2001 présente la satisfaction des voyageurs par rapport à des critères pour chaque moyen de transport. Les tableaux ci-dessous montrent que les bus se situent en position très avancée par rapport aux métros ou aux trains de banlieue. Notamment, les grandes baies vitrées dans les bus donnent une impression agréable de ne pas être trop isolé et d'être ouvert à un environnement proche et familier.

Tableau 1.3 : satisfaction de l'utilisation des modes de transport en 2000 [STIF01]

	Automobile	Bus Paris	Bus Banlieue RATP	Métro	RER	Trains de Banlieue
Confort thermique	95 +	79 =	75 +	64 -	67 =	66 =
Propreté	87 =	91 +	75 =	59 =	56 =	59 ++
Odeurs	-	87 ++	73 -	43 =	52 =	62 +
Bruit	84 +	86 +	79 =	63 =	69 =	70 =
Environnement agréable	82 +	88 ++	83 ++	55 +	60 +	63 +
Convivialité	-	80 +	73 ++	54 ++	54 ++	60 +

Fig. 2 Satisfaction de l'utilisation des modes de transport en 2000
Source : Youssef RIACHI (2005), p.11

Focalisons-nous maintenant, sur le confort visuel, notamment la lumière. Les nouvelles gares françaises intègrent de plus en plus les principes de développement durable. Ainsi, François Bonnefille explique « *Nous prenons ainsi en considération l'orientation de la gare afin de maîtriser les apports de lumière naturelle aux différentes heures de la journée ou périodes de l'année* ». Mais, la rénovation des anciennes gares existantes n'est pas facile à gérer, car comme le précise Isabelle Le Saux « *la gare n'était souvent*

vue que comme un espace fonctionnel. […] dans les années 1980, l'éclairage y est froid, donne aux gens le teint vert et aplatit les visages et les espaces. L'idée actuelle, c'est de gérer le fonctionnel […] en développant la qualité des lumières diffusées, en mixant l'éclairage direct et indirect, en remplacement d'un système unidirectionnel. ».[23] Nous sommes donc dans ce cas obligés de respecter certaines contraintes de construction de ces anciens espaces tout en suggérant des idées de conception qui vont améliorer les aspects visuels par des choix d'indice de couleur, plus chaleureux, et en variant en fonction des lieux.

3.2 Le confort thermique

Le confort thermique se définit comme un niveau de satisfaction exprimé par un individu à l'égard de l'ambiance thermique du milieu environnant dans lequel il évolue. Cela dépend de facteurs propres à chaque individu comme la sensibilité, l'habillement, le métabolisme et l'activité physique, mais aussi de paramètres liés aux conditions climatiques de son environnement immédiat.

En effet, l'amélioration du confort thermique est une question fréquemment soulevée par les voyageurs. Les paramètres d'ambiance climatique les plus déterminants pour caractériser le confort thermique sont :

- La température de l'air, caractérisée par les gradients verticaux et horizontaux des températures
- La température des parois, caractérisée par les différents niveaux de rayonnement des parois froides et des parois chaudes ;
- Le taux d'humidité relative, défini par le polygone de confort du diagramme de l'air humide ;
- Les mouvements de l'air ambiant, caractérisés par la vitesse de déplacement de l'air

[23] DOUGIER, Henry, MAGANA, J et al., *Gares fabriques d'émotions,* Paris, *Editions Autrement*, 2011, p.38

Le confort thermique est atteint lorsque la température, le taux d'humidité et le mouvement de l'air se situent à l'intérieur de limites que l'on appelle « zone de confort ».

En matière de confort thermique, les gares constituent un cas particulier parce que ce grand volume de bâtiment public est ouvert. Il y fait donc froid et les courants d'air sont réguliers. Là encore, distinguons les anciennes gares des nouvelles qui ont été conçues avec des volumes fermés où la température est maintenue à 12°C quand le site est chauffé, en ayant recours le plus possible aux énergies renouvelables et grâce à une bonne isolation des parois. Pour les autres, impossible de chauffer l'ensemble du bâtiment ; il a donc fallu apporter du confort thermique autrement.
Isabelle Le Saux explique « nous avons étudié les courants d'air pour mieux les maîtriser à l'aide de portes, paravents, etc. Notre attention se porte notamment sur les lieux où les gens attendent, leur immobilité les rendant plus sensibles au froid. Autres apport récents : nous équipons progressivement certains espaces des gares existantes de plafonds ou sols chauffants avec une technologie radiante. ». « Des braseros ont également été installées, permettant aux usagers de se chauffer par la lumière, « comme autour d'un feu de cheminée, commente la jeune femme. C'est assez convivial, les gens se parlent plus facilement. En été, les gares de Marseille ou Strasbourg peuvent par ailleurs activer des brumisateurs, donnant là aussi une sensation de confort. »[24]

De nos jours, le confort thermique est primordial pour l'usager, mais il faut trouver le meilleur compromis entre la consommation énergétique et le confort des voyageurs, dans un double souci d'amélioration de la qualité du service rendu et de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

3.3 Climat : Bioclimat et symbiose

Le mot « climat » provient du grec *Klima* qui est l'inclinaison d'une région de la terre

[24] DOUGIER, Henry, MAGANA, J et al., *Gares fabriques d'émotions, op.cit.*, p.39

par rapport au soleil. Il s'agit de l'ensemble des conditions météorologiques moyennes (température, pluviosité, vent, pression atmosphérique et etc.) propres à une région du globe et évaluées pendant une période prolongée. [25] Jusqu'à nos jours, nous pensons le climat plutôt comme un espace déterminé que nous pouvons corriger par la force du mécanisme afin d'aboutir à notre confort. Cependant, Philippe Rahm nous propose le climat comme un nouveau langage architectural. Par exemple, les phénomènes climatique tels que la convection, la conduction, l'évaporation peuvent devenir les nouveaux outils de la composition architecturale. Dans ce cadre, la chaleur, la vapeur ou la lumière peuvent devenir comme des nouveaux matériaux.[26]
Le changement climatique nous fait réfléchir à modifier notre approche vers davantage de sensibilité ou de subtilité, pas forcément vers des adaptations visuelles ou fonctionnelles. C'est-à-dire que les nouvelles approches s'attardent davantage sur les paramètres invisibles et climatiques de l'espace.

Philippe Rahm accorde une place importante aux éléments invisibles tels que le climatique, le thermal, l'air, sa qualité, etc., dans les conceptions de ses projets.[27]

Il apporte une vision nouvelle et intéressante en privilégiant l'adaptation des aspects un peu plus invisibles que les mécanismes ou dispositifs techniques habituellement intégrés dans l'espace afin de gérer le confort thermique.

Lorsque nous avons trop froid ou trop chaud, nous parlons souvent d'une cause extérieure à notre individu, c'est-à-dire au niveau atmosphérique. Dans ces situations, nous essayons de corriger le climat extérieur afin d'avoir le confort. C'est le point de vue anthropique.
Cependant, Philippe Rahm insiste sur le fait de ne pas créer des climats homogènes et déterminés, mais plutôt de créer une dynamique plastique aérienne. Il pense l'architecture comme la construction de météorologies. Par exemple, dans son projet « Jardin d'Hybert », la climatisation moderne existe sous forme abstraite et invisible. Il propose plutôt de la comprendre. Au lieu de mettre des appareils techniques dans la

[25] THEBAUD, Philippe, *Dictionnaire des jardins et paysages*, Paris, Edition Jeanmichelpalce, 2007
[26] RAHM, Philipe, *Architecture météorologique*, Paris, Archibooks, 2009, p.15
[27] *Ibid*., 2009, p.18

chaufferie, il a choisi d'installer des plantes exotiques, de la terre, des micro-organismes et des substances minérales provenant d'une région de la planète. La température est donc de 20°C avec 50% d'humidité. Grâce aux photosynthèses et les effluves des plantes, la qualité chimique de l'air pourra conditionner l'espace d'habitation.

Fig. 3 Projet « Jardin d'Hybert » par Philippe Rahm, Consulté le 10 mars 2013
Source : http://www.philipperahm.com/

Ce concept nous emmène vers un nouveau mot clé : le « bioclimat »
Le mot « bioclimat » étant composé de *bios*, qui signifie « vie » en grec et de *climat*, est défini comme l'ensemble des facteurs d'un climat ayant une incidence directe sur la faune et la flore.[28] Le bioclimat est employé pour désigner le climat naturel ou artificiel du milieu dans lequel se développent les plantes ou tout être vivant. L'idée de Philippe Rahm présente un bioclimat qui trouve une nouvelle façon de penser d'intégration des éléments naturels.

Les appareils de climatisation actuels fonctionnent pour changer le climat naturel de façon artificielle. Il s'agit d'un phénomène unidirectionnel : l'homme est toujours demandeur, et la nature est toujours passive et transformée. Dans cette condition, la nature semble comme un objet qui est fabriqué dans une usine. Cependant dans l'idée de Philippe Rahm sur le bioclimat, il réussit de maintenir le climat grâce aux facteurs naturels en analysant et incluant les vivants et les organismes dans ses conceptions.

[28] THEBAUD, Philippe, *Dictionnaire des jardins et paysages* », *op.cit.*, 2007

En effet, ses concepts pourraient alors atteindre une symbiose entre la nature et l'humain dans lequel, l'homme n'existe plus au centre de tout. Les intentions des organismes et leur actions chimiques ou physiques provoquent une condition symbiose. Il s'agit d'un autre style de « climatisation » abstraite et invisible. L'intervention de l'homme qui s'occupe des plantes et plus largement du vivant, influence la nature qui peut alors apporter de l'air pur et de l'oxygène, etc.

Le « symbiose » est alors bien présente. Le mot « symbiose », du grec *sun*, avec et *bios*, est une association de deux organismes au sein de laquelle chaque partie tire un bénéfice nutritionnel indispensable à sa survie.
En réfléchissant de cette façon et en intégrant le système de bioclimat qui remplace notre mécanisme, ne pourrions-nous pas enfin entrevoir la durabilité ?

En outre, l'analyse du microclimat local pourra aider le développement durable : par exemple, la chaleur supplémentaire dégagée (par les bâtiments et les transports), la couche de pollution, les vents dominants canalisés, les heures d'ombrage, etc. Ces microclimats locaux ont également une influence prépondérante sur le comportement des gens en réduisant les émissions de CO_2, les déperditions de chaleur, la consommation d'énergie, et la production de déchets, etc.

Dans la situation de mobilité, nous avons également d'autres facteurs à distinguer tels que le vent créé par la vitesse du transport, la direction de mouvement, la situation de positionnement (au sol ou souterrain) et etc.

Conclusion

Tout au long des dernières générations, l'homme a tenté d'atteindre ses propres objectifs de satisfaction. Pour cela, il a opté pour la modernisation des différentes activités qui lui sont liées. Dans ce cadre, ses besoins relatifs à la mobilité se sont étendus de manière exponentielle et il a ensuite mis en avant sa propre sensibilité individuelle à la notion du confort. Cependant, l'amélioration sans cesse de son niveau de confort dans le domaine des transports en commun a impacté de façon peut-être irréversible l'équilibre de son environnement.
Dorénavant, nous avons aujourd'hui l'opportunité de modifier la trajectoire afin de répondre non plus à nos propres intérêts mais également à ceux de la nature. La notion de durabilité doit apparaître au cœur d'un nouveau système dans lequel l'homme est au service de son environnement.

Egalement, un autre impact de la l'homme moderne est certainement qu'il perd de plus en plus le contact avec la nature et de fait qu'il supporte de moins en moins l'inconfort (notamment thermique). Sa capacité d'adaptation biologique pourrait alors décroitre.

Ainsi, parmi l'ensemble des opportunités envisageables, nous avons choisi de nous intéresser davantage sur la diminution de la consommation d'énergie au sein des transports publics. Pour parvenir à cette tendance, il était nécessaire de mieux cerner les dimensions du confort et la façon dont les acteurs de la société intègrent ce sujet dans leurs projets. Nous avons notamment montré qu'il était déjà possible d'insérer une autre façon de penser le confort thermique au sein de paysage architectural à travers les travaux de Philippe Rahm. Cela nous a amené au concept de bioclimat et à comprendre comment il est possible de réussir à créer une véritable symbiose homme-nature.

Ainsi, au sein de notre recherche, après avoir défini le confort par rapport à l'homme et principalement les composantes du confort thermique, nous avons commencé à intégrer la nature dans notre réflexion.

En effet, le confort thermique, ne devrait-t-il pas concerner de façon privilégiée la nature, puis dans un second temps, la satisfaction de l'homme ?

Dans le chapitre suivant, nous allons nous concentrer sur la climatisation dans les transports en commun.
Quelles sont les définitions de ce concept ? Est-ce considéré comme un système, comme un appareil ? Est-ce un concept plus large davantage lié à la notion de comportement ou à l'interprétation des sensations ?

Chapitre II.
Le confort thermique
dans les transports en commun :
le rôle de la climatisation

Le confort thermique, du fait de l'évolution des besoins liés à la mobilité et en raison des problématiques environnementales, doit adapter sa trajectoire. Avant de trouver des alternatives possibles pour répondre aux multiples enjeux que nous avons parcourus ensemble, nous devons maintenant nous focaliser sur la notion de climatisation, définir son cadre et ses mises en application.

Dans ce chapitre, nous allons dans un premier temps poser le concept de climatisation, puis décrire plus en détail les différentes interprétations techniques et fonctionnelles, en comparant plusieurs situations dans différents pays. Cette analyse sera abordée sous l'angle des transports publics.

1. Qu'entendons-nous par le terme « climatisation » ?

La climatisation qui est « le système de conditionnement d'air signifie aussi bien chauffage que refroidissement ou déshumidification en vue d'atteindre le point de confort thermique ».[29] Cependant chauffer ou refroidir pour des espaces dans les transports en commun est particulièrement différent de l'application dans les intérieurs de bâtiment.

En effet, le contexte et les conditions de la mise en œuvre dans les transports en commun sont extrêmement variés en raison notamment de l'activité de mobilité. La forme, la fonction et la conception de la climatisation dans les transports en commun devraient être alors différents de celles des bâtiments.

La temporalité étant plus courte, les voyageurs interviennent dans les espaces de transport de façon temporaire, principalement pendant leurs trajets aller-retour entre le domicile et le travail ou l'école.

Aussi, chaque usager doit partager un espace public avec ses autres homologues. Il

[29] RIACHI, Youssef, *Etude et simulation d'un système de climatisation pour bus de transports en commun conception et réalisation d'un démonstrateur*, *op. cit.*, p.3

bénéficie parfois de moins d'espace (comme dans le bus ou le métro) ou d'un environnement à plus grande échelle (comme dans les gares) dans lequel il doit s'adapter. Cependant, chaque personne a son propre ressenti de la température ambiante. Enfin, nous avons aussi la situation dans laquelle l'usager se déplacera en mode sous-terrain provoquant alors une sensation renfermée (dans le métro), ou en plein centre ville parmi l'activité très dynamique de la rue et souvent dans le bouchon (dans le bus).

La définition de la climatisation abordée précédemment est davantage le résultat du vécu au quotidien où chacun se la représente comme un outil ou un appareil technique permettant d'adapter l'air ambiant à la notre exigence.
Cependant, nous ne pouvons nous contenter de cette constatation ou de cette expérience. Il est important de tenter d'élargir l'interprétation.

Larousse définit le mot 'climatisation' comme l'« ensemble d'opérations créant et maintenant dans un local des conditions déterminées de température, d'humidité relative, de vitesse et de pureté de l'air ». En effet, la climatisation est sensé procurer un confort et un bien-être. L'être humain, par nature, s'adapte à son milieu environnant et cherche constamment à l'améliorer. En termes de confort thermique, vital pour notre bien-être, cela consiste à rafraîchir en ambiance chaude et inversement chauffer dans un environnement froid. Bien que le confort humain dépende de nombreux paramètres, nous pouvions cependant retenir principalement deux facteurs : le facteur humain et l'air (sa température, sa vitesse et son humidité relative). Le facteur humain est propre à chaque personne, il est donc indéterminable alors que les autres paramètres sont techniquement maîtrisables par la climatisation.
En général, le corps humain se sent confortable dans un environnement dont la température se situe entre 18°C et 23°C. Les variations de température du corps sont de deux origines : le fonctionnement intérieur à son propre corps constitué par les différents mécanismes de thermorégulation physiologique et les éléments hors du corps représentés par l'habillement, la construction d'abri, le taux d'humidité, etc.
En outre, il est recommandé de ne pas excéder un écart de 6 à 8°C entre la température intérieure et la température extérieure. La loi française interdit le fonctionnement des

climatiseurs lorsque la température des locaux est inférieure ou égale à 26℃ [30] afin de modérer leur utilisation.

Ainsi, aujourd'hui, la climatisation n'est rien d'autre qu'une forme augmentée des mécanismes thermorégulateurs corporels, une forme augmentée, exogène et artificielle de thermogenèse ou de thermolyse.

Nous avons vu en effet que deux facteurs représentent principalement le périmètre sur lequel nous pouvons intervenir afin d'améliorer le confort thermique : le facteur humain et l'air. L'air étant maitrisable par la technique, ne devrions-nous pas agir sur le premier facteur en rapport directement avec l'homme, son comportement et son interaction avec l'extérieur ?

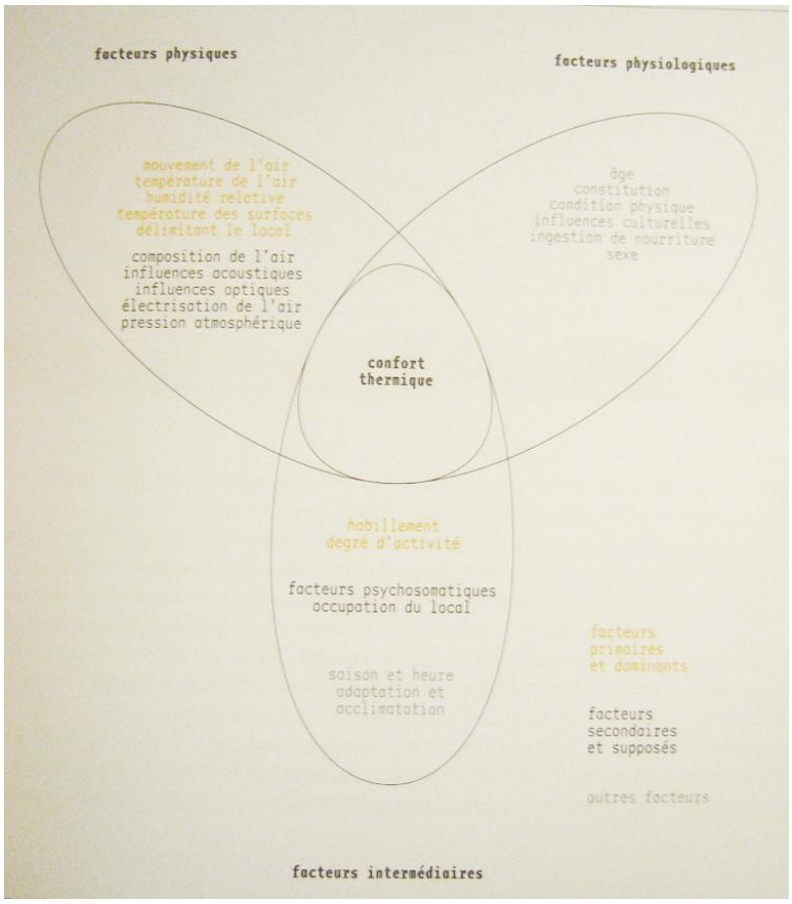


Fig. 4 Facteurs intermédiaires pour confort thermique
Source : KLENIN Oliver, SCHKENGER, Jörg, Basics(2009), p.11

[30] Le décret numéro 2007-363, du 19 mars 2007, Art. R.131-29, Consulté le 12 mars 2013
Source :http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000645843&dateTexte=&categorieLien=id

2. Le développement de la climatisation dans les transports publics

Le système de climatisation moderne dans le bâtiment, existait depuis 1902, inventée par l'ingénieur américain Willis H. Carrier. Il ressemble à un réfrigérateur (inventé en 1876 par Carl Von Linde, ingénieur allemand) mais avec un plus grand moteur compresseur. Nous parlons ici de système « moderne », car les Romains utilisaient un tunnel souterrain qui maintenait la température à 10-12°C en hiver, et dès le XVIème siècle, des systèmes de rafraichissement naturel existaient en utilisant le courant d'eau et son évaporation pour diminuer la température de l'air.[31]

Quelques décennies plus tard, « le premier système de climatisation pour le transport, basé sur un cycle de compression de vapeur et embarqué à bord d'un véhicule a été développé en 1930 pour le constructeur américain Cadillac. En 1939, le premier véhicule climatisé de série sortait.»[32]. Sur la même période, le fréon, qui est le fluide chimique synthétique utilisé dans le système de climatisation, est développé malgré son effet néfaste envers la couche d'ozone et remplace ainsi l'ammoniac qui était le fluide naturel vers lequel il était question de s'orienter.

Les systèmes de climatisation dans l'automobile, dans les bus touristiques et dans les bus publics se sont démocratisés en Europe depuis le début des années 90. Cependant, le système adopté pour les bus en ville à été emprunté aux autocars touristiques. Actuellement, les ingénieurs revoient le système afin de le rendre plus adapté aux bus en ville qui n'a pas le même comportement : notamment, ils doivent s'arrêter plus fréquemment (toutes les 2 ou 3 min) en ouvrant ainsi les portes sur l'extérieur et les passagers peuvent se tenir à la fois assis et debout.[33]

Ces dernières années, les usagers demandent plus fortement le confort (acoustiques, olfactif, ergonomique, aéraulique et thermique) dans des transports en commun, et de

[31] Wikipedia, http://fr.wikipedia.org/wiki/Climatisation, Consulté le 05 mai 2013
[32] RIACHI, Youssef, *Etude et simulation d'un système de climatisation pour bus de transports en commun conception et réalisation d'un démonstrateur*, *op.cit.*, p.15
[33] GAGNEPAIN Laurent, le 27 mars 2013, Interview téléphonique

façon plus accentuée le confort thermique. *« En France, les premières installations de conditionnement d'air sur les bus RATP ont été mises en place en 2001 pour arriver ensuite en 2005 à 487 bus équipés »*.[34]

[34] RIACHI, Youssef, *Etude et simulation d'un système de climatisation pour bus de transports en commun conception et réalisation d'un démonstrateur*, *op.cit.*, p.15

3. La composition du système et ses fonctions

L'utilité de la climatisation dans les transports est de maintenir l'atmosphère de l'habitacle à une température, à un degré d'humidité déterminé, tout en intégrant des fonctions permettant améliorer la qualité de l'air.
Le besoin de climatisation dépend des apports externes (solaire), mais également des apports internes (nombre d'occupants, appareils électriques comme l'éclairage, et etc.).

Un système de climatisation embarqué dans un bus, un tramway ou un métro est composé des mêmes éléments que toute installation frigorifique : compresseur, condenseur, réservoir de liquide, détendeur, évaporateur. Selon l'énergie principale de chaque moyen de transport, le système frigorigène utilise différente type de source d'énergie. Par exemple, dans le bus, il s'agit de l'énergie carbone, et dans le tramway de l'électricité.

Comment l'air est-t-il modifié ?
« Les cycles à compression de vapeur utilisent des fluides frigorigènes à changement de phase. Aux basses températures du cycle, l'évaporation du fluide permet d'absorber la chaleur de l'air, qui se refroidit. La condensation quant à elle, permet d'évacuer la chaleur vers l'extérieur grâce à l'air qui se réchauffe. » [35]

Focalisons-nous sur l'exemple du bus et la problématique de la circulation de l'air. Le moteur se situe à l'arrière, les boîtes de mélange d'air sont réparties sur toute la longueur de l'habitacle et les condenseurs se trouvent sur le toit, d'où la nécessité de longues tuyauteries pour alimenter tous les composants en fluide frigorigène. Laurent Gagnepain nous a indiqué que cette organisation du circuit a un effet de perte d'énergie dû à des fuites et à la diminution de la fraicheur qui circule entre le début et la fin de la tuyauterie.[36]

[35] RIACHI, Youssef, *Etude et simulation d'un système de climatisation pour bus de transports en commun conception et réalisation d'un démonstrateur, op.cit.,* p.15
[36] GAGNEPAIN Laurent, Interview téléphonique, le 27 mars 2013

4. Les éléments du confort contrôlés par la climatisation

L'équilibre thermique de l'individu est particulièrement influencé par certains facteurs physiques qui caractérisent, d'une part les échanges entre l'homme et les éléments externes ou l'environnement avec lesquels il interagit (les facteurs extérieurs indépendants de l'homme), d'autre part l'environnement thermique généré par le corps humain et par son enveloppement (les facteurs appartenant directement à l'homme).

4.1 Les facteurs extérieurs indépendants de l'homme

Tout d'abord, l'influence sur le confort thermique peut être défini principalement par quatre facteurs : la température d'air, la vitesse d'air, la température moyenne radiative et enfin l'humidité relative.

En règle générale, nous pouvons considérer que l'homme peut atteindre un confort thermique à partir du moment où la température se situe entre 18 et 23°C comme nous l'avons évoqué précédemment. Cependant, la sensibilité et l'expérience de chacun peut remettre en question ces statistiques qui devraient davantage représenter des régions ou des contextes environnementaux plus spécifiques.
Aussi nous pouvons déjà dénombrer à peu près trois sortes de situations productrices d'énergies dans lesquelles la température va varier d'un extrême à l'autre :

lieu ensoleillé ou ombragé (l'énergie solaire)
espace avec une densité forte de personnes ou à l'inverse plus faible (l'énergie humaine)
proximité de l'activité urbaine en comparaison avec la campagne (l'énergie urbaine)

Outre la température de l'air ambiant, la température moyenne des surfaces qui délimitent le local est une source de diffusion de chaleur.
Par le principe de rayonnement, l'homme échange en permanence de la chaleur avec les surfaces qui l'entourent. Selon la distance et la différence de température entre les deux

corps, une quantité plus ou moins grande de chaleur est dégagée ou absorbée par l'un ou par l'autre.
En général, pour que l'homme soit confortable, les températures ambiantes et radiantes doivent être similaires. Par exemple, dans le cas contraire, une fenêtre mal isolée, même si la température ambiante est agréable dans un bus, apportera une situation d'inconfort.

Mais, une différence extrême entre la température du corps de l'homme et celle d'un corps étranger ne pourra-t-elle pas être ressentie comme une opportunité dans certains contextes ? Notamment, toucher un corps froid quand il fait trop chaud peut générer une impression et une sensation agréable pendant une période de temps.
Nous pourrons répondre davantage à cette question un peu plus loin dans ce rapport.

En ce qui concerne l'humidité, ce facteur semble suivre le même principe. En effet, le corps humain cédant de la chaleur par le mécanisme de l'évaporation, si l'humidité relative de l'air est plus ou moins forte, elle influencera la sensation de l'homme. En Corée du Sud, le taux d'humidité en été est très élevé et les résidents supportent mal ce type caractéristique climat puisque leur corps ne peut accepter un niveau aussi élevé. Même en situation statique à l'ombre, l'humidité, à la différence de la chaleur générée par le soleil, sera ressentie de façon désagréable à n'importe quel endroit à l'extérieur.

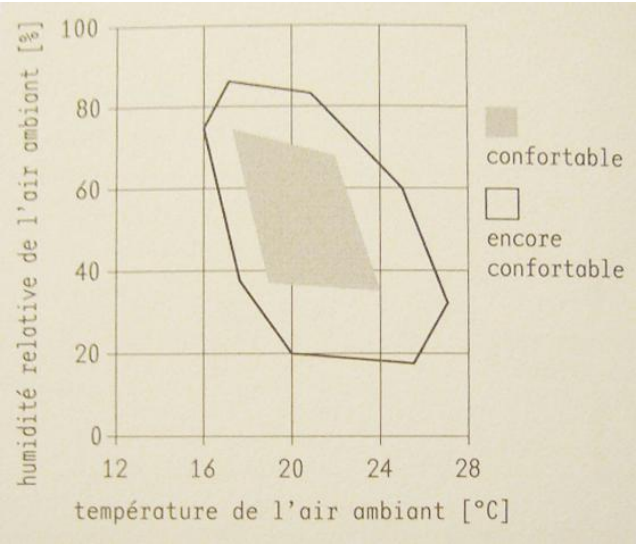


Fig. 5 Influence de l'humidité relative de l'air sur la sensation de confort
en fonction de la température de l'air
Source : KLENIN Oliver, SCHKENGER, Jörg, (2009), p.14

Indépendamment de son humidité, le mouvement de l'air influe de façon déterminante sur le confort thermique. Une vitesse de l'air trop élevée et des tourbillonnements peuvent générer des courants d'air. La sensation de confort dépend en outre de la température de l'air : plus celle-ci est basse, plus les mouvements d'air seront incommodants, les flux d'air chaud étant mieux tolérés.
Enfin, la composition de l'air influe sur le sentiment général d'inconfort à court terme et sur la santé à plus long terme. Cela s'explique par les variations du niveau de pollution de l'air et de la teneur en vapeur d'eau qui sont dépendants de la température.
Ces paramètres ont un effet très important sur la santé publique et ainsi, la purification de l'air est un outil permettant d'assurer durablement un confort de long terme d'un point vue hygiénique.

4.2 Les facteurs appartenant directement à l'homme

Nous pouvons considérer que le métabolisme et le pouvoir isolant des vêtements sont des facteurs non contrôlables par le système de climatisation. Aussi, notre organisme et nos habitudes vestimentaires, de part notre expérience, se sont adaptés à des conditions saisonnières et culturelles définies par l'environnement et le contexte de vie. En effet, la météorologie locale, la latitude et le changement de saison sont des paramètres qui influencent la capacité du corps à s'acclimater. Cependant, cette capacité d'adaptation commence à ralentir du fait que la technologie a gâté l'homme durant les dernières décennies et qu'on ne veut pas en perdre le bénéfice.

Dans le contexte des transports en commun, la notion de confort thermique est définie comme un sentiment de bien-être sur lequel influent de multiples facteurs physiques auxquels les usagers sont sensibles. Le type d'habillement, les caractéristiques de l'organisme et les activités ou les mouvements effectuées par les voyageurs avant l'utilisation d'un transport apporteront des effets plus ou moins positifs sur les possibilités de l'homme à s'intégrer dans le contexte et aboutir au confort désiré.
Un manque de confort pourra entraîner une fatigue prématurée, avec tous les risques

que cela comporte pour la sécurité, la santé, les relations sociales, etc.
Ainsi les personnes âgées ont-elles, par exemple, besoin d'une température ambiante plus élevée pour se sentir bien, ce dont nous devrons tenir compte lors de la conception d'un bus ou d'une station.

Mais, focalisons nous un l'instant sur l'impact des activités physiques de l'homme.
Lorsqu'on fait un effort physique, la quantité d'énergie transformée par le corps augmente en générant de la chaleur à son environnement. Le degré d'activité des occupants d'un espace fermé tel qu'un bus ou un métro a alors une influence déterminante sur leur sentiment de confort. Dans un transport, les usagers ne sont pas forcément très actifs physiquement. Ils préfèrent des occupations plus calmes. Cependant, lorsqu'une personne a connu une activité intense (courir pour attraper le bus ou le métro, pratiquer le vélo, etc.) juste avant de pénétrer dans le wagon d'un métro, dans un bus ou dans une rame de tram, son corps est alors encore actif énergétiquement et produit de la chaleur. La personne a une sensation inconfortable ayant davantage de chaleur que les autres occupants et, en tant que double effet, il réchauffe l'atmosphère de l'espace fermé dans lequel il se situe.

Indépendamment de l'activité physique exercée, l'habillement influe sur les transferts de chaleur et sur le bilan thermique du corps. Moins on est habillé, plus le corps cède de la chaleur à l'air et aux surfaces qui l'entourent. A l'inverse, plus on est habillé, moins on est sensible aux variations thermiques, en raison de l'effet isolant des vêtements.

Notre température corporelle normale est de 37 °C. Des échanges d'énergie sont produits afin d'assurer le fonctionnement de nos organes et à la fois pour activer notre mécanique tel que marcher ou courir. Ces activités qui interagissent avec notre environnement permettent de maintenir notre température et impliquent quatre mécanismes [37]:

la convection, échanges entre la peau et l'air qui l'entoure. Cet échange est d'autant plus intense que l'air est en mouvement et que l'écart de température entre le corps et l'air

[37] SALOMON, Thierry, AUBERT, Claude, *Fraîcheur sans clim'*, Mens, Terre vivante, 2004, p.19

est élevé.

la conduction, échanges entre la peau et les objets avec lesquels celle-ci est en contact.

le rayonnement, échanges entre la peau et les éléments solides se trouvant dans son environnement (vêtements, mais aussi murs, plafond, sol, sources de chaleur) sans contact direct. Les échanges se font du corps le plus chaud vers le plus froid.

la transpiration, liée à l'évaporation de sueur. Au repos, dans des conditions de température normales, nous évaporons par sudation environ 1/3 de litre d'eau par jour.

Il est important d'avoir bien à l'esprit ces mécanismes qui devraient constituer la base même de réflexion de toute conception d'espace ou l'installation en relation avec l'homme. Notamment, la conduction et la convection pourraient être une base intéressante de travail dans les transports en commun afin d'étudier les possibilités d'interactions entre les usagers et les matériaux intérieurs comme les tissus, les vitres, les parties métalliques, etc.,

Dans la culture coréenne, nous mettons en avant les principes de convection et de rayonnement au sein des projets d'amélioration du confort thermique. Par exemple, le chauffage au sol ou les sièges chauffants sont très répandus et favorisent la diffusion de la chaleur et la circulation de l'air de façon plus naturelle, et conformément ou fonctionnement du corps humain.

D'autres facteurs plus subjectifs qui ont été peu cités précédemment peuvent être ajoutés du fait qu'ils modifient le niveau de confort thermique de l'individu en fonction de leur acclimatation, leur âge, leur sexe, leur état de santé, leur corpulence et leur régime alimentaire.

5. Les mises en situations actuelles de la climatisation dans les transports en commun

Après avoir défini le périmètre des notions tournant autour de la climatisation, nous allons dans cette partie décrire l'existant en termes de réalisations et de projets en cours à travers nos propres expériences, d'interview d'experts dans le domaine de transport et d'observation du terrain.

Nous comparerons différentes cultures (française, coréenne) qui suivent souvent des approches et des objectifs spécifiques et parfois extrêmes.

Le périmètre de nos recherches concernera les moyens de transports suivants :
-Transport routier : Bus
- Voie ferrée (locomotive) : Train, Métro, Tramway

D'après ma propre expérience, en été, à Séoul, dans tous les types de transports en commun, nous utilisons fortement la climatisation (également le chauffage en hiver). Les voyageurs ont souvent froid en été, chaud en l'hiver. L'écart de la température entre l'extérieur (climat naturel) et l'intérieur du transport en commun (climat artificiel) est appréciable. Par contre à Paris, peu d'appareils sont installés pour répondre au besoin de confort thermique. En été, les passagers ont souvent chaud et l'espace devient étouffant en raison de la température élevée.

Mais dans les deux cas, les utilisateurs ne peuvent pas toujours être satisfaits, car le confort thermique dépend de plusieurs facteurs et surtout de la personne elle-même.

5.1 L'actualité à Paris, et dans plusieurs villes en France

En 2013, les principaux transports en commun utilisés par les Parisiens sont les métros

(ligne1-14), les bus, les trams (T1-3), et les trains (5 gares). Ils s'agrandissent (extensions ou nouvelles créations de ligne) et leurs services s'améliorent chaque année. Notamment, à travers le projet « Grand Paris », le gouvernement français s'est engagé à étendre le réseau à l'Ile de France afin de décentraliser Paris.

Nous observons aussi que les nouvelles technologies s'intègrent de plus en plus dans le paysage des transports comme les écrans lumineux informant des connexions et des temps d'attente entre les lignes de différents réseaux (métro-bus), ou comme les outils de rechargement numérique des badges, ou comme le suivi numérique du trafic à distance et interactif. Aussi, les sociétés de transport font évoluer les systèmes de sécurité sur les lignes en automatisant au maximum certaines lignes, en positionnant des barrières de sécurité entre le quai et les wagons.

Quant à la climatisation, une révolution douce est en cours. Le rythme n'est peut-être pas aussi rapide que dans certains pays (Corée du Sud, Japon, etc.) mais, le climat n'est pas aussi extrême non plus. En effet, la chaleur et l'humidité ne sont pas aussi fortes et les décideurs «*n'allaient pas investir pour un système de climatisation qui finalement n'allait servir qu'un mois dans l'année.* »[38]. Cependant, comme nous l'avons vu précédemment, la capacité des personnes à supporter même de courtes périodes de chaleur ou de froid est de plus en plus faible en raison d'une plus grande habitude à s'accaparer le confort. Ainsi, nous ressentons l'évolution ces dernières années. En effet, Laurent Gagnepain nous a révélé qu'au travers de ses expériences d'études, « *au niveau d'île de France, que ce soit pour la SNCF, ou pour le RATP, les rames de RER, les rames de train, ou de métro […], l'été c'est vraiment insupportable. Donc il y a quand même une demande d'aller vers plus de climatisation. En tout cas, pour tout ce qui est du mode ferré, il y a une tendance forte. Et on le voit dans les renouvellements, c'est quasi, climatisé à 100%.* »[39]

[38] GAGNEPAIN Laurent, Interview téléphonique, le 27 mars 2013
[39] GAGNEPAIN Laurent, Interview téléphonique, le 27 mars 2013

Fig. 6 Ventilation pour le rame du metro, Consulté le 25 avril 2013
Source : le site RATP

Cependant, dans le transport en commun, les problématiques économiques amènent les concepteurs ou les décideurs à abandonner cette fonction. Depuis 2006, la climatisation ou la ventilation réfrigérée (de l'air associée à de l'eau glacée) est installée à l'occasion de la rénovation du matériel roulant. Mais, « *Y installer de la climatisation impliquait de réduire le nombre de places assises. Face au dilemme, nous avons privilégié la capacité* »[40], explique le Stif, dans le cas des wagons de RER.

En ce qui concerne les gares, nous observons que des efforts des entreprises de transport sont très visibles par rapport à la tentative d'apporter davantage de confort thermique auprès des usagers qui patientent dans les halls. Notamment, en été, par exemple, dans la gare de « *Marseille, lorsque la température du hall devient trop élevée, un système de brumisation libère une ondée rafraîchissante. Aussi, des bornes de chaleur (braseros) sont installées dans les gares dites « froides » (Paris) et des portes « coupe-vent » dans les gares à courants d'air (sas anti-mistral à Avignon)* ».[41]

[40] SULZER, Alexandre, Des systèmes de climatisation et de ventilation inégaux, L'article de journal 20min, Consulté le 8 mars 2013, Source : http://www.20minutes.fr/paris/584175-systemes-climatisation-ventilation-inegaux
[41] Guide Gallimard, la France des gares, Paris, Edition Gallimard, p.193, p.247, 2000 (Coll : Encyclopédies thématiques du voyage)

Fig. 7 Brasero à gare de Montparnasse de Paris

A côté des évolutions visant directement le confort des voyageurs, la RATP y parvient également indirectement par des projets de diminution de sa consommation énergétique globale. En effet, elle a présenté un projet de conception de ventilation adiabatique[42] lors de la deuxième conférence annuelle de la RATP en mai 2011. Cette nouvelle technologie semble être plus efficace que la climatisation traditionnelle pour une autre utilité : assurer la ventilation et la climatisation des locaux techniques (au nombre de 5000 à la RATP).

Le problème de la climatisation actuelle est principalement qu'elle rafraichit le local technique, mais renvoie de la chaleur dans la zone publique en produisant un air sec (espace voyageur, quais, etc.). Aussi, cette climatisation fonctionne à base de fluide frigorigène avec les risques que cela comprend, la maintenance est trop fréquente et la durée de vie de système trop faible (de l'ordre de 7 ans).

[42] Une animation présenté sur le site d'internet de la RATP
http://www.ratp.fr/fr/ratp/r_6095/economies-denergie/

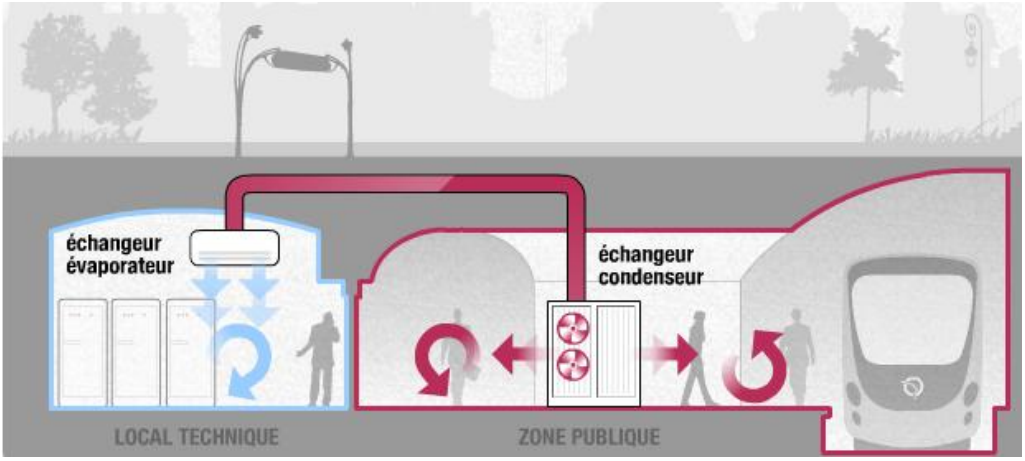


Fig. 8 Schéma de la climatisation actuelle dans les locaux techniques (métro) de la RATP
Source : http://www.ratp.fr/fr/ratp/r_6095/economies-denergie/, Consulté le 16 février 2013

Tandis que la technologie adiabatique fonctionne en faisant circuler de l'air ambiant plus chaud à travers un filtre humide qui fait chuter la température de l'air. Cela a l'avantage d'économiser 80% d'énergie par rapport à la climatisation traditionnelle, de générer de l'air frais à la fois dans le local technique mais dans les espaces voyageurs également et sa durée de vie est étendue à 20ans.

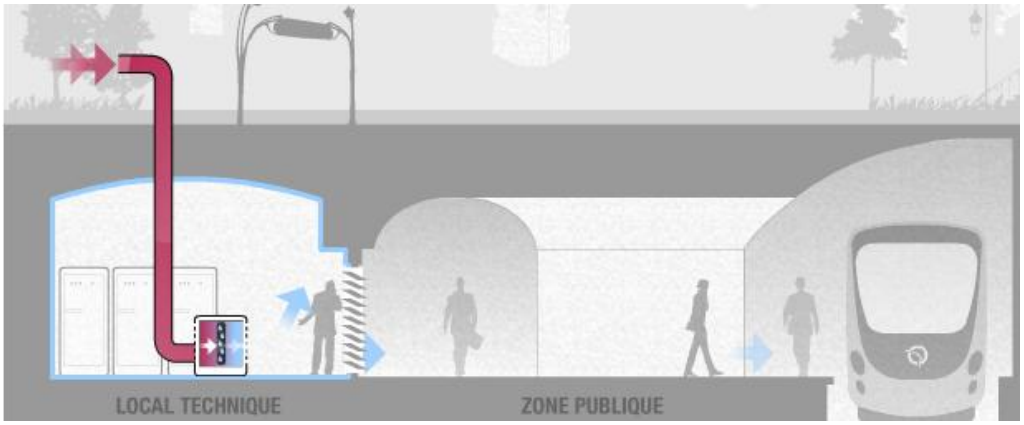


Fig. 9 Schéma de la climatisation actuelle dans les locaux techniques (métro) de la RATP
Source : http://www.ratp.fr/fr/ratp/r_6095/economies-denergie/, Consulté le 16 février 2013

Cependant, ce nouveau concept pose encore la question de la durabilité. Malgré son efficacité énergétique, une énergie externe est toujours nécessaire (pas d'autonomie) et cette solution n'a pas été intégrée avec les énergies renouvelables.

Dans le cadre des projets innovants, la RATP met en œuvre un changement de système d'éclairage qui permet entre autres de contribuer au confort thermique. Cette

expérimentation présente à la station Censier Daubenton sur la ligne 7 du métro a permis d'installer 100 000 LED dans les 600 points lumineux de la station. A côté de l'objectif de diminution énergétique, ces LED ont la particularité de générer moins de chaleur, ce qui est plus agréable en été.[43]

Concernant les bus RATP, dans une étude[44], l'ADEME a recommandé les actions suivantes pour repenser la conception des systèmes de climatisation :

- disposer d'une régulation adéquate
- répartir la fraîcheur produite de manière homogène
- améliorer sensiblement les conditions de confort des voyageurs
- diminuer la consommation énergétique des bus et réduire les émissions de gaz à effet de serre

En France, nous observons que l'évolution en matière de climatisation est en cours et que la technologie commence à se développer pour progresser en efficacité.

5.2 L'actualité à Séoul

Les principaux transports en commun à Séoul sont représentés par les métros, les bus et les trains. Actuellement, 100% des réseaux sont équipés d'un système de climatisation.

Dans les bus et les métros séoulites, le système de refroidissement est installé au niveau du plafond, en revanche, le système de chauffage fonctionne au niveau de la partie basse de l'espace. Ces installations respectent le principe de la convection. L'air chaud aura tendance à monter et l'air froid à descendre.

[43] Site d'internet RATP, Consulté le 16 février 2013, Source : http://www.ratp.fr/fr/ratp/r_6095/economies-denergie/
[44] ADEME, *Etude de la climatisation d'autobus RATP*, Projet de recherche, 2008

Fig. 10 Flux d'air froid au plafond dans le métro séoulites

Fig. 11 Flux d'air chaud à travers les chaises dans les métros séoulites

Cependant, les Sud-Coréens abusent de ces systèmes de façon trop extrême. Imaginons-nous en été quand nous avons très chaud (avec une température extérieure de 30℃), nous sommes impatients de prendre un bus climatisé rapidement, mais une fois à l'intérieur, nous ressentons un froid désagréable (à Séoul, les bus sont maintenus à environ 18℃). Le choc thermique est alors très important et peut provoquer chez certaines personnes des malaises ou même des maladies liées à la climatisation. Notamment, des cas de maladies graves et de décès ont été identifiés ces dernières années suite à l'utilisation d'humidificateurs permettant de recycler l'air en y ajoutant de l'humidité (génération de vapeur d'eau en hiver). Ainsi, vivre dans un environnement sans arrêt climatisé par ce type de système qui rend l'air artificiel est un grand risque pour la santé et nous éloigne du circuit d'air naturel.

Pour résoudre ce problème, depuis 2010 les métros séoulites ont différencié les températures dans chaque wagon pour les personnes âgés et les enfants. Avant de pénétrer dans un wagon, l'usager peut se positionner en face de celui qu'il préfère en

fonction du confort thermique attendu : par exemple, moins froid (27℃), plus frais (25°C). Également, l'interactivité entre les voyageurs et le système central est très développée : un service téléphonique est à disposition des voyageurs pour remonter leurs exigences et alerter lorsqu'il fait trop froid, ou trop chaud dans un espace. Mais le problème principal de cette fonction est que la sensation du confort thermique est subjective et peut varier d'une personne à l'autre.
Ainsi, derrière cette problématique, ne pourrait-on pas ouvrir les recherches vers de nouvelles orientations de solutions davantage individualisées plutôt que généralisées ?

Dans le cas des bus, le contrôle individuel de la température n'est pas souvent libre. La fonction de contrôle est centralisée au niveau du conducteur qui peut gérer trois types de puissance d'air : léger, moyen, et fort. Au sein des projets de renouvellement des bus, les ingénieurs recherchent à mettre en place des technologies permettant automatiquement de maintenir la température entre 26 et 28℃.

Fig. 12 Climatisation non-réglable (à gauche) et réglable (à droite) dans le bus

Le principe de rayonnement et de conduction commence à se répandre depuis 2012. 163 arrêts de bus à Séoul ont été équipés de chauffage à l'intérieur des bancs pour affronter l'hiver. Ce système utilise l'électricité mais n'est pas économe en énergie et donc loin d'être durable.

Fig. 13 Chaise à l'arrêt de bus avec chauffage électrique

Fig. 14 Arrêt de bus avec chauffage infrarouge

Egalement, un nouveau projet de chauffage a commencé à s'installer pour 78 arrêts de bus dans 17 quartiers en 2009. Il s'agit d'un système à infrarouge produisant de la lumière et de la chaleur par rayonnement à l'intérieur de 6 à 8m d'espace. L'avantage est qu'il n'est pas influencé par le vent, mais l'efficacité semble insuffisante et les mécontentements se sont déclarés.

Dans le plan de renouvellement des bus séoulite en 2013, un système d'éclairage de type LED et un chauffage de haute efficacité sans démarrage du moteur du bus est prévu. (Nombre total de bus à renouveler : 7530 bus avec un cycle de renouvellement de 9 ans.). Ce projet a été présenté aux réseaux sociaux (SNS-social network service) qui ont estimé que le système était intéressant pour 60% des sondés.[45]

[45] *Le plan d'amélioration des bus pour 2013*, publié le 18 novembre 2012 par la ville de Séoul

De plus en plus, nous développons la communication interactive et dynamique entre l'Etat et les citoyens grâce à l'amélioration du service public et aux nouveaux médias comme SNS ou d'autres sites Internet. En Corée, tous les services publics ont un numéro central qui peut être contacté à un prix abordable pour transmettre ses opinons et se faire entendre de façon très efficace. Ainsi, les citoyens peuvent se sentir plus responsable et porter de l'intérêt sur leur environnement quotidien.

En Corée du sud, à Séoul, la technologie est bien mise en valeur, mais il reste beaucoup de réglage à effectuer afin d'être en adéquation avec les besoins de chaque individu et la question de la source d'énergie devra aussi être abordée. Aussi, cela nous amène à réfléchir à la situation : est-ce que le fait de se focaliser sur uniquement la maîtrise totale de la technologie ne nous rendrait pas aveugle sur d'autres orientations possibles ?

5.3 La climatisation au sein des processus de conception

Afin de mettre en valeur et donner plus de poids à la thématique de la climatisation au sein des projets, il est nécessaire de comprendre comment elle est aujourd'hui impliquée dans les processus de conception, et comment elle est abordée par les différents acteurs liés aux projets.

Nous imaginons bien que les concepteurs doivent recevoir les retours des usagers pour bien comprendre leurs besoins et les problèmes du système actuel pour dessiner le projet à l'avenir. Egalement ils devraient calculer leurs coûts d'installation et de maintenance par rapport aux bénéfices visibles (finance) ou invisible (la qualité de la vie, la vision protectrice de la nature).

Cependant, Laurent Gagnepain commente : «l'ALSTOM, par exemple, ils prévoient dès le début que les véhicules soient climatisés. Donc au niveau de la conception, c'est bien prévu. Mais par contre, il faut que cette fonction là, coûte le moins cher possible, donc il ne vont pas chercher à optimiser son efficacité, il vont chercher à optimiser son coût […] Même avec des technologies très poussées, l'idée est de les produire en masse pour

baisser les coûts. » En conséquence, les entreprises et les Etats doivent nécessairement intégrer davantage de notion de durabilité dans leur processus de conception. Ils doivent trouver les arguments autres que budgétaires pour imposer ce point vue, notamment les aspects environnementaux et même les besoins de l'homme liés à la santé. En outre, même d'un point de vue budgétaire à moyen et long terme, il est aussi avantageux sur le plan de la maintenance de produire des systèmes de qualité.

En ce qui concerne le positionnement de la climatisation dans l'organisation d'un projet ou d'une entreprise, aujourd'hui, « les acheteurs et les producteurs de véhicule de transport en commun, voient la climatisation comme une technologie, une technique »[46]. Cependant, les concepteurs ne devraient-t-ils pas étendre à d'autres champs l'analyse des besoins et le choix des solutions au-delà du mécanisme lui-même ?

Pour conclure cette partie, nous remarquons que les intentions d'optimiser le confort thermique sont bien présentes dans le cas français, et que les installations des mécanismes sont bien mises en place dans le cas coréen. Mais dans toutes les situations, nous nous appuyons principalement sur la poussée technique. Nous pouvons alors lancer la question : ne pourrait-t-on pas orienter les projets d'amélioration du confort thermique en dehors de la technique mais davantage en liaison avec les sensations et les caractéristiques humaines ? Nous verrons que des axes d'améliorations sont envisageables dans le champ de la prise en compte des sensations des individus et dans la compatibilité des systèmes avec la notion de « soutenabilité ».

6. La nécessité de la climatisation soutenable

Les coûts de l'énergie ayant augmenté au cours de la dernière décennie en raison de l'épuisement annoncé des ressources, la climatisation commence à devenir un poste important de la facture énergétique. Il est nécessaire de gérer l'énergie en installant des systèmes plus efficaces permettant des économies financières et en même temps de réserver des ressources énergétiques pour les générations à venir.

[46] GAGNEPAIN Laurent, Interview téléphonique, le 27 mars 2013

De façon générale, le transport génère des pollutions environnementales conséquentes. Ainsi, le rôle des réseaux de transport en commun est de plus en plus crucial. Notamment, certains utilisent des modes de locomotion par nature moins polluants que les moyens de transport individuels : tramway, métro, trolleybus, autobus électriques, etc. Cependant, il existe quand même des efforts à réaliser dans le domaine de la climatisation qui joue un rôle important en termes de consommation d'énergie.

6.1 La climatisation durable ou soutenable

Une climatisation durable de façon plus générale est une climatisation qui fait peu ou pas appel à des sources d'énergie et utilise des matériaux qui respectent l'état des ressources environnementales. Cependant, « *nous pouvons avoir une position de principe critique à l'égard du concept de durabilité. La durabilité n'est pas une valeur pour nous.* » d'après Pierre-Damien Huyghe. Mais le mot anglais « sustainable » exprime plus précisément l'idée de ce qui est « soutenable pour nous » (ou supportable pour l'environnement et l'humain) et implique de réunir les connaissances et les technologies potentielles les plus compatibles avec le principe de « soutenabilité ».[47] L'effet sur l'humain est plus visible dans le mot « soutenable » que dans le mot « durable ». En effet, il semble que le mot « soutenable » exprime quelque chose de plus fort, de plus marqué, et de plus engagé. Il met davantage en avant que des changements doivent être effectués dans ce qui permet de « soutenir » la survie de l'homme. Utiliser le terme « durable » conduit à s'interroger sur ce qui doit durer. Il nous apparait plus neutre et n'implique pas l'action de l'homme ou de la société. Ainsi, il ne met pas suffisamment l'accent sur les changements que nous devons mettre en œuvre pour prendre en compte la finitude des ressources, la croissance démographique et la nécessité de réduire notre empreinte écologique.

Ce mot « durable » n'aurait-t-il pas été choisi par nos organisations économiques et politiques à des fins de communication ?

[47] Séminaire « Théorie des techniques et du design », C/O, Pierre-Damien Huyghe, septembre 2012 dans le cadre de Master 2 « Design et Environnements » à Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

Après ce comparatif de définitions, dans le contexte de la climatisation, nous devrions alors parler de climatisation soutenable. En effet, vu sous cet angle, le choix des matériaux et les actions qui sont mises en œuvre pour mener à bien un projet de climatisation doivent être à la fois durables sous condition que les règles de soutenabilité soit respectées en ce qui concerne les ressources et les impacts énergétiques. Pour élargir, il nous semble plus intéressant de mettre en valeur le design soutenable dans les projets d'avenir.

6.2 Les énergies d'avenir

Une grande partie de l'énergie utilisée aujourd'hui dans le monde (plus de 80 %) provient de gisements de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz) ou d'uranium. Ces gisements, ces stocks, constitués au fil des âges et de l'évolution géologique, sont évidemment en quantité limitée. Ils sont épuisables.[48]

La France dépend à 70% des énergies fossiles et le nucléaire grimpe jusqu'à déjà 17%. En revanche, les énergies renouvelables représentent seulement 12% de l'énergie finale que nous consommons en 2010.[49]

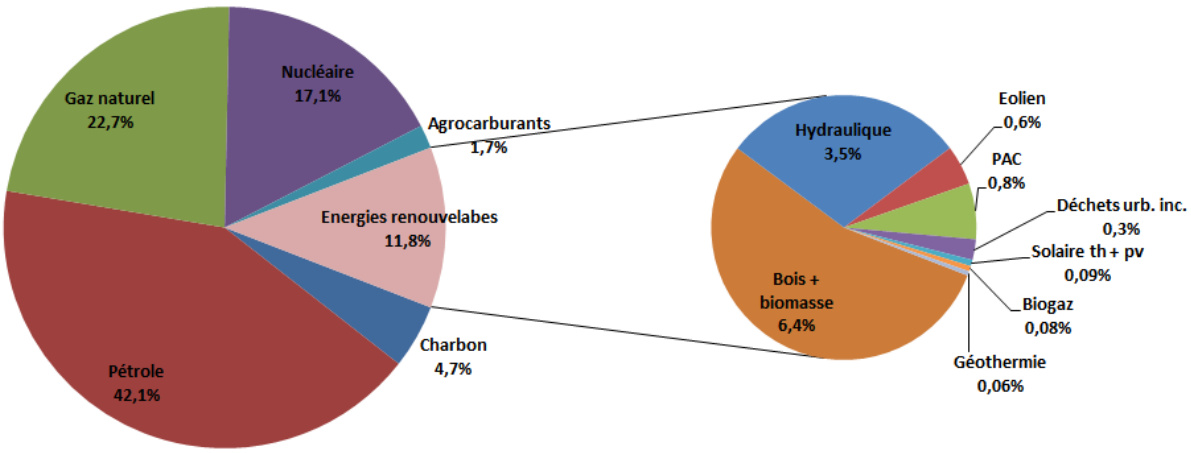


Fig. 15 Source d'énergie dans la consommation finale en France, 2010
Source des données SOES, 2011, www.23dd.fr, Consulté le 12 avril 2013

[48] VERNIER, Jacques, *Les énergies renouvelables*, Paris, Puf, 1997, p.4
[49] SOeS (Service de l'Observation et des Statistiques), 2011

Les énergies fournies par le soleil, le vent, les chutes d'eau, la croissance des végétaux, les marées, la chaleur de la terre sont renouvelables. Par extension, nous assimilons souvent l'énergie tirée des déchets à une énergie renouvelable. Nous pouvons en effet considérer que l'activité humaine ou animale est perpétuelle, et donc source de déchets sans cesse renouvelés. A travers le graphique ci-dessous, nous observons que les énergies renouvelables ont eu un essor très important au fil des dernières années.

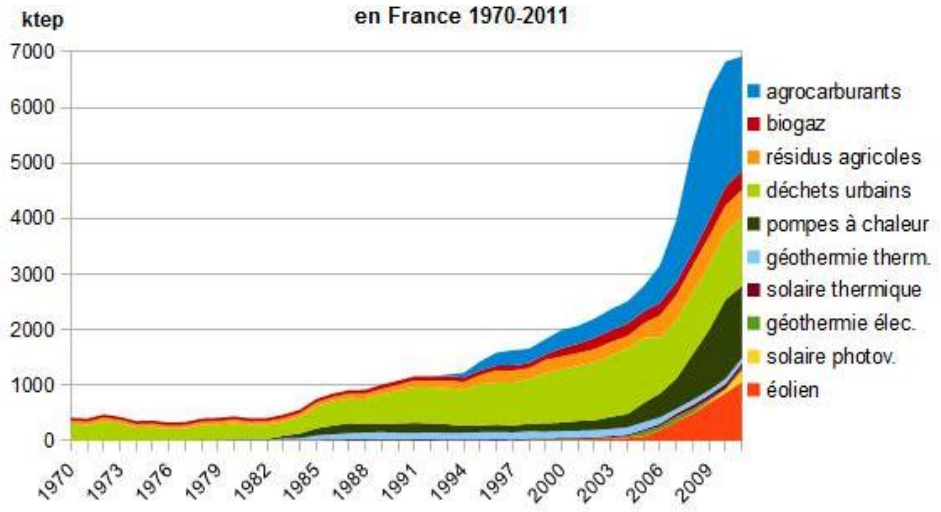


Fig. 16 Production des énergies renouvelables hors bois et hydraulique,
Source données : base "Pégase" du Ministère de l'Ecologie, Source :
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Production_%C3%A9nergies_renouvelables_hors_bois_et_hydraulique_France_1970-2011.jpg, Consulté le 25 avril, 2013

Parmi les énergies renouvelables, quelles sont celles utilisées dans les transports en commun notamment pour les besoins de climatisation ?

Malgré le coût d'investissement élevé, certains pays parviennent à développer des projets intégrants des énergies renouvelables dans leur concept. Parmi celles utilisés, l'énergie solaire, le thermique, l'éolien, les déchets, et la piézoélectricité, ont déjà été mises en œuvre dans le cadre des transports en commun. Ces énergies sont utilisées afin d'alimenter leurs moteurs, leur équipement comme l'éclairage, la climatisation des espaces, etc.

L'énergie solaire qui est produite par les panneaux photovoltaïques, est appliquée en

général sur la toiture ou sur un mur incliné de bâtiment d'une gare ou d'une station de métro. Nous pouvons citer plusieurs exemples de cas concrets tels que : la station de Coney Island-Stillwell Avenue (métro new-yorkais) aux Etats-Unis, le métro ligne 3 à Shanghai en Chine, les gares d'Uelzen, de Freiburg Central, et de Lehrter Bahnhof (Berlin) en Allemagne, le tunnel du train Le thalys, entre la France et les Pays-Bas, ou la gare de Zurich en Suisse.

Fig. 17 Energie solaire utilisée dans la station du métro de New York Coney lsland (Etat-Unis)

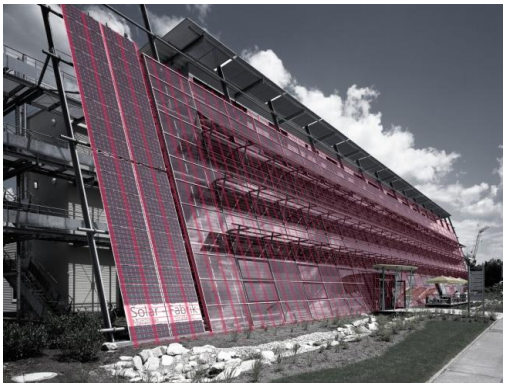


Fig. 18 Energie solaire utilisée dans la gare de Feidurg, (Allemagne, à gauche)
Fig. 19 Energie solaire utilisée pour le tunnel de Le thalys (entre Paris et Amsterdam, à droite)

En revanche, l'efficacité de production à court terme de ce type d'installation est aujourd'hui insuffisante par rapport à son coût de mise en place. Ainsi, il est nécessaire que les gouvernements ou même l'Europe interviennent de façon significative au sein de tels projets.

Quant à l'énergie thermique, elle semble davantage orientée vers un objectif de répondre aux besoins de climatisation. La gare de Liverpool South Parkway en Angleterre utilise 60% d'énergie thermique pour la climatisation (le refroidissement et le chauffage). Aussi, la gare de Praterstern (U-Bahn) en Australie, a été rénovée pour

obtenir l'énergie thermique afin d'utiliser la climatisation dans la gare et les commerces à l'intérieur.

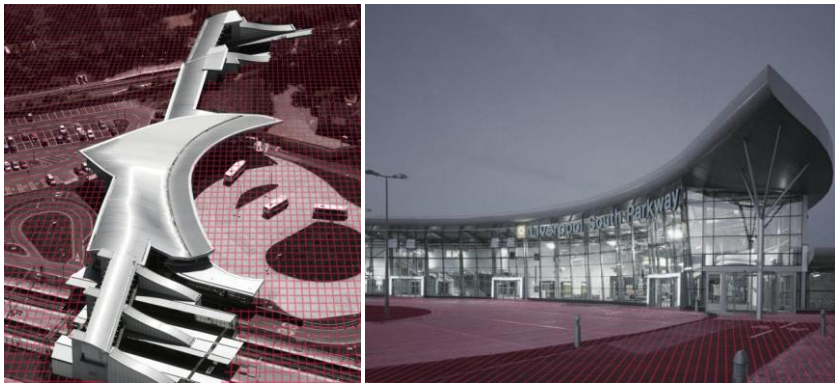


Fig. 20 Energie thermique dans la gare de Liverpool South Parkway (Angleterre)

En Corée du sud, les transports en commun commencent à préparer l'avenir. 500 bus ont été déployés afin de se rendre compatibles avec une « énergie verte » produite à partir des déchets de nourriture qui génèrent du biogaz après avoir suivi le processus du compost. En termes de chiffres, cela représente 50000m^3 de gaz pour 500t de déchets par jour.[50]

Fig. 21 Energie des déchets de nourriture pour les bus au bio gaz séoulites (Corée du sud)

Une autre énergie moins connue, l'énergie piézoélectricité, a été intégrée dans le métro à Tokyo (Japon) et à Busan (Corée du Sud). Elle est produite à partir des pressions des pas des passagers dans des lieux très fréquentés du réseau.

[50] Source d'énergie biogaz des bus par les déchets alimentaires, Source :http://green-queen.co.kr/default/sub41.php?com_board_basic=read_form&com_board_idx=47&&com_board_search_code=&com_board_search_value1=&com_board_search_value2=&com_board_page=2&, Consulté le 14 mai 2013

Fig. 22 Energie piézoélectricité dans le métro à Tokyo (Japon)

Le transport en commun ferroviaire utilise principalement l'électricité. Il considère alors que ce moyen est plus écologique puisqu'elle ne génère pas directement de pollution à travers le transport lui-même. Cependant cette source a également besoin de matière première : en majorité fossile ou uranium. Donc, même si elle rejette moins de CO_2 dans l'atmosphère, indirectement elle a un impact conséquent sur notre environnement.

Jusqu'à présent, la quantité d'énergies renouvelables n'est pas suffisante pour remplacer l'énergie traditionnelle. Alors, de nouveaux projets émergent afin d'inverser cette tendance en tentant de réunir au sein d'une même conception de multiples énergies renouvelables. Par exemple, la gare d'Accrington en Angleterre est équipée des systèmes d'énergie éolienne et solaire (sur toiture), la gare de Saco aux Etats-Unis exploite l'énergie éolienne, solaire, et thermique (surtout pour la climatisation).

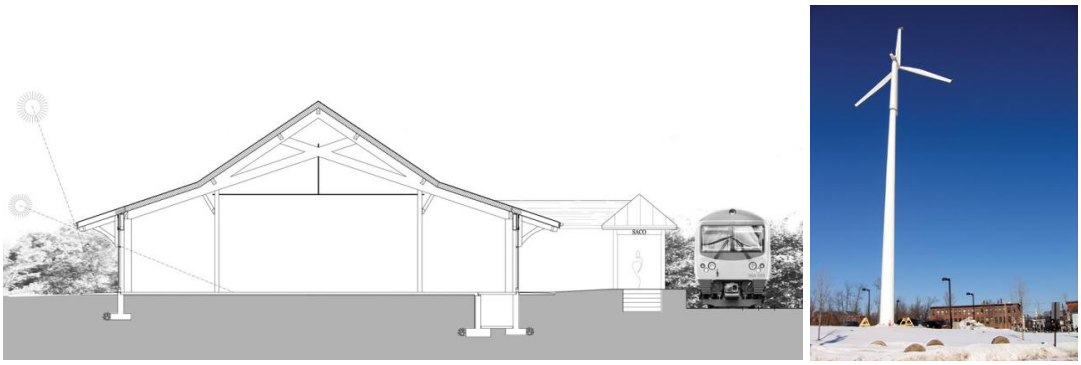


Fig. 23 Utilisation des énergies dans la gare de Saco (Etats-Unis)
Source http://aiamaine.org/awards2012/saco-transportation-center/#8, Consulté : 4 février 2013

Nous avons évoqué que les énergies renouvelables commencent à être prises au sérieux

dans de nombreux projets. Ainsi, la technologie avance à grand pas pour permettre à la climatisation de s'adapter efficacement et de générer moins de pollution.
Cependant, de gros efforts restent à produire. A travers le système de climatisation actuel, en été, nous avons toujours une problématique à résoudre concernant l'utilisation du fluide frigorigène dont 1kg exhale 2000kg de CO_2.[51]
En France, certaines gares comme les gares TGV de Besançon et Belfort-Montbéliard (les premières à être labellisées HQE : haute qualité environnementale) [52], ont revu leur stratégie pour répondre aux exigences de confort thermique.
Elles ont mis en place 1600 mères de tuyaux sous terre (puits canadiens) pour transformer l'air ambiant trop chaud à une température de 12°C afin d'abaisser la température des espaces. Cela permet de réduire considérablement les productions calorique et frigorifique.

Finalement, les nouvelles constructions et les rénovations permettront de plus en plus un mélange de technologie et de bon sens. Nous avons montré qu'il est possible grâce à un travail en cohésion entre l'ingénierie et l'architecture d'orienter les transports en commun vers une harmonie plus soutenable. Le résultat est là, entre beauté et fonctionnalité, cohérence et efficacité énergétique, matériaux modernes et ressources naturelles.

6.3 Du « macro » vers le « micro »

Au travers des différentes idées déjà évoquées, nous avons pu voir que le confort thermique est aujourd'hui principalement abordé sous l'angle de la poussée technologique. En outre, les designers, les ingénieurs et même les décideurs raisonnent de façon à généraliser des systèmes à tout un groupe d'individus. Ils ont donc une approche collective.
Egalement, chaque choix technologique doit souvent faire face à une contrainte, y compris dans le cadre des solutions soutenable. Le fluide frigorigène peut générer des

[51] Le bilan carbone par l'ADEME, Dans le vidéo « Le bilan carbone Ticket to Kyoto », source : http://www.ratp.fr/fr/ratp/r_6095/economies-denergie/, Consulté : 6 mai 2013
[52] DOUGIER, Henry, MAGANA, J et al., Gares fabriques d'émotions, *op.cit.*, p.14

pertes mais par exemple les panneaux photovoltaïques sont à la fois coûteux d'un point de vue ressource et matériaux, et d'un point de vue environnemental.

N'est-il pas possible de trouver un élément qui remplace le mécanisme par utilisant le fluide frigorigène ? Est-ce que l'approche collective est la seule voie possible ?

Aujourd'hui, nous pouvons trouver des exemples dans les campagnes ou au sein de pays moins équipés technologiquement, dans lesquels les transports en commun laissent le choix de façon individuelle à l'usager de bénéficier du confort thermique de son propre gré. Nous le voyons sur les photos ci-dessous, chaque individu peut en fonction de ses envies ou de ses sensations utiliser le service qu'on lui offre (le panier à glace, l'éventail). Evidemment, cette méthode est moins efficace que les appareils technologiques. Mais si nous calculons le coût pour restaurer la nature qui est polluée en raison des émissions de CO_2, cela nous amène à lancer une question qui sera abordée dans le chapitre suivant : n'y a-t-il pas là un effort à faire de la part de l'homme ?

Fig. 24 Installation de la glace dans le bus à Chongqing (Chine, à gauche)
Fig. 25 Installation des éventails dans le bus dans à la campagne (Corée du sud, à droite)
Source : http://blog.daum.net/mexo02gaj05/52, Consulté le 30 avril 2013

Finalement, ces exemples semblent faire un retour vers des habitudes plus anciennes qui vont nous paraître démodées ou absurdes. Mais la question que cela pose derrière est davantage liée à : doit-on continuer à trouver des solutions qui s'appliquent de manière collective ou ne devrions-nous pas faire émerger l'idée du « personnalisable » afin de faire ressortir les besoins mêmes de chaque individu ?

Grâce aux mécanismes, nous avons en effet la possibilité de modifier l'environnement entier dans certains espaces. Cette méthodologie nous aurait fait oublier les

caractéristiques individuelles. Ainsi, nous sommes aujourd'hui très habitués à réfléchir de façon globale en masse ou à grande échelle en raison de la vie qui se modernise, qui s'internationalise, et s'industrialise. Cependant, cette approche est peut-être erronée car elle montre de plus en plus de problèmes sociaux et environnementaux.
Ainsi, à travers les projets liés à l'amélioration du confort thermique, les concepteurs ne devraient sans doute pas oublier la valeur de plus petits éléments que les caractéristiques générales ou les statistiques macros. La valeur de l'individu en tant que personne unique doit être mieux cernée.

En effet, nous le constatons dans la situation de l'agriculture qui s'est industrialisée, celle-ci a parfois condamné certaines terres en raisonnant à trop grande échelle. Ainsi, le passage aux cultures bio commence à se faire sentir et s'organise non pas de manière globale mais avec une approche plus locale. Alors, revenir à une reconnaissance de l'individu, ne serait-ce pas l'avenir ?

6.4 Des expériences anciennes à ressortir ?

Il nous semble intéressant de faire resurgir du passé d'anciennes pratiques permettant de modifier l'air ambiant.

Au début du XXème siècle, nous repérons que des projets de grands architectes commencent à penser leur conception en considérant de façon à optimiser la circulation de l'air au sein des bâtiments. L'architecte américain Frank Lloyd Wright (1867-1959), dans le projet de « la maison Robie (1908) », utilise les doubles hauteurs en présentant l'avantage de collecter l'air chaud, plus léger que l'air frais. D'un côté, de grandes baies s'ouvrent en général complètement, tandis que, de l'autre côté de la pièce, de petites fenêtres à claire-voie permettent un courant d'air au point haut, là où se concentre l'air chaud. [53] La convection utilisée par Wright, était une méthode de conception architecturale apte à produire des maisons fraîches. Egalement, il était question de réduire au maximum l'inertie en abandonnant les anciennes architectures de maçonnerie

[53] TREIBER, Daniel, *Frank Lloyd Wright*, Paris, Edition Hasan, , 2008, P.29

massive. La bâtisse devient alors légère et plus facile à ventiler et à chauffer rapidement. L'utilisation des matériaux et la prise en compte de phénomènes naturels étaient déjà considérés comme des éléments clés et logiques de la base de conception des architectures.

Dans un autre projet nommé « la maison Coonley (1907-1909) », il conçoit une architecture « organique » (un mot qui revient sans cesse dans le discours doctrinal de Wright) dans laquelle tout fonctionne comme une mécanique où aucune fonction n'est assurée par un seul élément, où aucun détail ne participe à un seul usage. Tout s'articule ensemble : le plan et la coupe, l'éclairage, le chauffage et la ventilation, le plein et le vide, les débords des toitures, etc. C'est la un caractère marquant de l'organicité wrightienne.[54]

Dans la continuité des projets de Wright, nous pouvons étendre ses idées qui reliaient l'architecture aux aspects organiques avec le concept d'architecture vernaculaire qui a toujours existé au fil des temps. Cependant, ce type d'orientation est de moins en moins à l'ordre du jour des constructions d'aujourd'hui qui perdent le lien avec le microclimat local. Ainsi, dans l'architecture vernaculaire, il s'agit de créer une cohésion entre tous les éléments qui composent la conception afin d'harmoniser l'ensemble avec les caractéristiques du pays, de la région, des traditions, etc.

Enfin en ce qui concerne Le Corbusier, par exemple, ses recherches fondées sur la notion d'architecture adaptée au climat n'ont été que brièvement étudiées. Dans les années 1940 et 1950, Le Corbusier construisait déjà des bâtiments en prenant en compte les données climatiques d'un lieu défini. Il le faisait grâce à l'outil efficace qu'il avait mis au point, «la grille climatique». La lumière naturelle du soleil jouait vraiment un rôle important dans sa conception de l'architecture et il se demandait déjà comment faire entrer le plus de lumière possible dans une pièce, sans en augmenter la température.[55]

---

[54] *Ibid.*, P.35

[55] MITCHELL, Michael David, *Le Corbusier, une œuvre mise à plat*, Interview avec GARGIANI, Roberto, Source: Mediacom, http://actu.epfl.ch/news/le-corbusier-une-uvre-mise-a-plat/, Consulté le 20 avril 2013

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu analyser les différents champs d'action qui composent le principe de la climatisation. Comme nous le constatons par nos propres expériences et par les projets qui sont mis en œuvre ou envisagés, le confort thermique dans les transports en commun semble être plutôt abordé sous l'angle du mécanisme ou de la poussé technique.
Cependant, en l'état actuel, les applications de la climatisation ne satisfont pas les objectifs de soutenabilité qui prennent une place de plus en plus prépondérante dans les consciences des décideurs et des concepteurs. En effet, l'ère est encore à l'économie plutôt qu'à écologie.
Il y a alors sans doute une opportunité de sortir de cette idée mettant en valeur dans un premier temps la technologie pour accéder à une nouvelle approche davantage basée sur le facteur humain, notamment ses caractéristiques propres et ses sensations.

Nous avons vu tout de même que des nouvelles énergies émergent en tentant de se rapprocher des problématiques environnementales. Le concept de « renouvelable » apparait maintenant comme un élément essentiel pour l'avenir des transports en commun. En parallèle de cette évolution, il semble évident de connecter cette vision avec de nouveaux principes qui doivent être profondément analysés. Notamment, il nous faudrait pas perdre de vue nos habitudes anciennes débutées bien avant la climatisation moderne, dans lesquelles nous pourrions retrouver quelques ingrédients primordiaux sur lesquels nous reposer.

En outre, le passage d'un raisonnement par rapport à grande échelle vers une démarche plus proche de la réalité de l'individu est peut-être l'une des clés à explorer. Ainsi, afin de pouvoir atteindre l'objectif de la climatisation soutenable, ne devrions-nous pas aider l'homme et la technologie à s'adapter à l'environnement ?

Chapitre 3.
La climatisation vers l'équilibre entre l'homme et la nature

Comme nous l'avons évoqué dans les chapitres précédents, le confort thermique est subjectif et dépend de plusieurs facteurs à la fois provenant de l'intérieur de l'homme mais également de son environnement extérieur (la sensibilité, l'âge, l'habillement de la personne, le site, le paysage, le climat, etc.). Cependant, depuis que nous utilisons la technologie de climatisation, nous avons tendance à privilégier davantage la modification de l'espace entourant l'homme plutôt qu'à accorder une plus grande confiance dans ses facultés à modifier son propre comportement afin de parvenir à la satisfaction de son besoin. Aussi, selon notre hypothèse, cette technologie qui à la base devait aider l'homme, a pris une place de plus en plus élargie, ce qui a influencé la génétique de l'homme, sa psychologie, ses caractéristiques, et a alors empiété sur son rôle dans ses interactions avec l'environnement extérieur.

Mais, étant donné ce réflexe et cette dépendance qui se crée, ne laissons-nous pas de côté d'autres valeurs comme les phénomènes naturels ou physiologiques ?

En effet, depuis que nous profitons de l'efficacité des machines, il n'est pas simple de les abandonner malgré qu'elles deviennent directement néfastes pour l'homme à travers la modification de ses caractéristiques d'origine, et indirectement à travers la pollution environnementale et le réchauffement climatique.

En outre, aujourd'hui, la protection de la nature devient un enjeu mondial très important. Davantage de scientifiques ou de personnalités politiques abordent de plus en plus ce sujet brulant. C'est alors le moment de repenser notre modèle et de retrouver une approche d'équilibre entre l'homme et la nature. Dans ce contexte, il est nécessaire de comprendre le rapport entre l'humain et la nature. Nous nous posons ainsi les questions suivantes :

Pourquoi la nature devrait toujours être modifiée ou transformée pour le confort et les bénéficies de l'humain ?

N’y a-t-il pas une autre vision dans laquelle l’homme s’adapterait à son environnement sans lui nuire ?

Nous allons alors approfondir deux points de vue humains qui peuvent être les causes radicales qui guideraient notre conscience vers cette recherche d’équilibre. Ensuite, nous allons élargir cette théorie en nous posant les questions suivantes afin de déterminer les piliers de base de l’idée de la climatisation soutenable :
L’environnement doit-t-il continuer à s’adapter à l’homme ?
L’homme ne devrait-il pas plutôt s’adapter à son environnement ?

Enfin, à partir de ces questions, nous tenterons de définir ce qui pourrait être une vision alternative de la climatisation en positionnant l’homme par rapport à la technologie et la nature.

1. La connexion à la nature, une nécessité

Depuis le développement de la climatisation qui nous a permis d’ajuster librement le climat, nous avons sans doute perdu en même temps les échanges sacrés et intimes avec les éléments naturels. L’homme moderne s’éloigne davantage de ce contact direct avec la nature qui est pourtant aussi vivante que lui. Nous accordons plus de confiance à la science justifiant que l’environnement idéal doit être calculé par la valeur numérique et scientifique pour parvenir à répondre aux exigences de confort de l’humain. Ces technologies apportent du confort mais surtout amènent l’homme à être trop surprotégé et à oublier les façons d’accéder au même résultat par ses propres moyens. Il perd alors la capacité à réfléchir par lui-même, il devient alors davantage passif qu’actif.

Prenons l’exemple de la Suède, en hiver, même si la température descend à -15℃, les bébés sont très souvent positionnés dans leurs poussettes à l’extérieur, ils font la sieste en plein air entre 15min et 3h par jour. En effet, les suédois pensent que plus les bébés

respirent l'air frais, plus ils auront de chance de bénéficier d'une meilleure santé pour leur vie. Egalement, dans les autres pays scandinaves, comme la Finlande et la Norvège.[56]

Fig. 26 les bébés dans les poussettes à l'extérieur, -15℃ source, BBC
http://www.asiae.co.kr/news/view.htm?idxno=2013030203222359365, Consulté le 12 mai 2013

Fig. 27 un bébé dort à l'extérieur moins 10°C
http://www.asiae.co.kr/news/view.htm?idxno=2013030203222359365, Consulté le 12 mai 2013

Dans l'ouvrage « l'entropie » de Jeremy Rifkin, il souligne la nécessité de la relation naturelle et organique. Il met en avant une critique de la conception du monde mécanistique, dans lequel nous obtenons beaucoup de bénéfices grâce à cette conception du monde mais, paradoxalement elle détruit l'ordre cosmique. Au nom du développement, les forêts, les rivières et la mer sont détruites et contaminées.[57]

[56] Journal Asia Economy, Les bébés à l'extérieur dans le grand froid, publié 02 mars 2013
Une traduction de journal BBC, source :
http://www.asiae.co.kr/news/view.htm?idxno=2013030203222359365, Consulté le 12 mai 2013
[57] RIFKIN, Jeremy, *L'entropie*, Traduction coréenne par LEE Chanhee, Séoul, Edition Séjon, 2000, pp.35-52

2. Le positionnement de l'homme : anthropocentrisme et écocentrisme

L'homme cherche depuis toujours à optimiser son confort thermique avec les moyens dont il dispose. La température est l'un des ingrédients relié directement à la survie de l'homme. Traditionnellement, il utilise les éléments de la nature (le bois, la glace, etc.) afin de suffire à ces besoins de base tels que se chauffer ou se rafraîchir. Cependant, par l'utilisation de mécanismes de climatisation, nous nous orientons vers d'autres valeurs : celles de la richesse et de la modernité. En Corée du sud, au début de sa diffusion populaire (des années 80), nous les avons considérés comme un représentant du luxe. Aujourd'hui, quand nous prenons le métro ligne 1 à Paris qui est équipé d'un système d'air conditionné, nous disons qu'il est modernisé ou a été rénové récemment. Aussi, certains espaces mettent en avant le mot 'climatisé' devant leurs vitraux ou leurs entrées principales pour montrer que leurs espaces sont bien aménagées avec un dispositif de confort thermique. Les systèmes de climatisation entrent en jeu économiquement pour attirer plus de clients.

Ainsi, nous admirons cette technologie, nous nous félicitons de cette évolution qui satisfait notre besoin de très court terme. Cependant, ce mécanisme artificiel ne nous rend-t-il pas aveugle de la réalité et de l'impact à plus long terme sur les réactions de notre environnement naturel ? Les systèmes de climatisation ne représentent-t-ils pas le pouvoir humain ? L'homme ne se met-t-il pas en valeur au détriment de la nature ?

Cette orientation provoque le fait que l'homme a de plus en plus de limite à s'auto-adapter face à l'environnement, et la nature a également de plus en plus de difficulté à se reconstituer. Dans ce contexte, nous allons aborder deux théories qui pourraient influencer notre comportement et notre réflexion: l'homme est un élément positionné en parallèle de la nature, ou l'homme fait partie intégrante de la nature. Ces idées représentent deux considérations morales : l'anthropocentrisme et l'écocentrisme.

2.1 L'homme, en tant que dominateur

Un architecte, urbaniste, Le Corbusier soutenait que la ville au XXème siècle ne se développe plus comme un organisme qui s'adapte avec son environnement local et naturel. Pour lui, la ville est « *la mainmise de l'homme sur la nature. C'est une action humaine contre la nature, un organisme humain de protection et de travail.* »[58].
Plus loin dans le temps, la nature était opposée chez les Grecs à l'homme et à la divinité, et plus tard, à la culture et à la civilisation. Nous parlons ainsi d'un environnement naturel qui serait l'envers d'un environnement construit.[59] Selon cette théorie, la nature est donc considérée comme se situant dans un environnement séparé de celui de l'homme.

Aujourd'hui, nous avons le pouvoir de modifier le paysage (nature visible) et le climat (nature invisible) à travers le développement des sciences pour le bénéfice de l'homme. Depuis que ce dernier maitrise les éléments naturels, nous devenons fortement supérieurs à la nature. La problématique commence peut-être à partir de ce point de vue. Finalement, la civilisation basée sur la vue métaphysique anthropocentrique, n'a-t-elle-pas provoqué la crise environnementale qui parasite biologiquement la continuité de la vie humaine, l'homme se positionnant en tant que le maître de la nature ?

En effet, par la notion d'anthropocentrisme, nous traitons la nature comme un outil.[60] Le Petit Robert, définit « *l'anthropocentrisme comme étant une attitude qui fait de l'homme la cause finale de toute chose* ». Depuis l'ère de la modernisation ou de l'industrialisation, les actions de l'homme ont été davantage guidées par une attitude anthropocentrique. Comme Francis Bacon (philosophe anglais au XVI et XVII siècle) dessine le chemin du paradis terrestre par la technique et les sciences naturelles, nous y reconnaissons une forme de modernisation.

---

[58] LE Corbusier, *Urbanisme*, Paris, Edition Flammarion, 1994, p.1
[59] Article Source : http://archives-fig-s!t-die.cndp.fr/actes/actes_99/nature_environnement/article.htm, Consulté le 10 janvier 2013
60 Yrjö Sepänmaa, *The beauty of environment*, Traduction coréenne par Kim Moonwan, Séoul, Singumoonwasa, 2000, pp.43-46

L'humain utilise la nature comme s'il lui était supérieur, et nous tentons d'en retirer arbitrairement un profit en se considérant comme l'unique propriétaire. L'homme ayant réussi à dompter la nature, cela a provoqué un déséquilibre environnemental (réchauffement climatique, pollution de l'environnement, épuisement des ressources naturelles etc.). Cette destruction de la nature influence aussi les activités de l'humain et génère des contraintes que l'homme va devoir prendre en compte afin d'adapter son comportement et assurer l'existence de l'humanité. Ce problème environnemental suppose maintenant la transition révolutionnaire de la pensée en se basant sur la question de la relation entre la nature et l'homme.

2.2 L'homme, un composant de l'écosystème

La technologie ayant le pouvoir de maîtriser notre environnement telle que la climatisation respecte la théorie comportementale anthropocentrique. A l'inverse, une autre sorte de point de vue appelée l'écocentrisme met en avant l'action d'adaptation de l'homme à son environnement. L'humaniste Copernic avait déjà adopté dans ses théories le passage de l'anthropocentrisme à la vision écocentrique. Cette transition représente l'illumination que l'homme est seulement une partie de la nature. L'homme peut se mettre en relation pacifique dans laquelle la nature n'est plus l'objet de capotage ou instrumentalisée, elle coexiste. Egalement un certain nombre de philosophes occidentaux intègrent dans leurs idées le concept de l'écocentrisme qui met l'accent sur l'interconnexion des formes de vie au sein d'un tout complexe et harmonieux.[61] Par exemple, Goethe attribue une signification mentale à la nature. Egalement, Théophraste explique que la nature est un système de l'existence vivante, et que l'homme est une partie de ce système.[62]

Un paysagiste français Gilles Clément avance également qu'il *« ne sépare pas les humains du reste de l'écosystème »*. L'homme n'étant qu'une des espèces au sein de

[61] Le monde journal internet, Source :http://biosphere.blog.lemonde.fr/2012/12/15/definir-anthropocentrisme-biocentrisme-écocentrisme/, Consulté le 20 janvier 2013
[62] PARK, Imoon, *La philosophe environnementale*, Séoul, Midasbooks, 2002, pp.25-32

l'immense diversité de la nature, il ne doit pas s'imaginer qu'il peut se contenter d'exploiter cette diversité sans détruire les mécanismes d'interaction entre les différentes formes de vie sur la planète.[63]

Par ailleurs, le bouddhisme interprète que l'harmonie entre l'homme et la nature est le mode le plus pur et inconditionnel. Il ne considère pas que l'homme soit un dominateur de la nature comme le prétend le christianisme, ni l'origine de la prospérité technique comme l'idée marxiste. Dans le bouddhisme, la relation avec la nature est contraire à la notion de profit généré par la nature pour le bénéfice de l'homme.[64] Cette culture intègre l'homme dans un vaste ensemble (la nature) au sein duquel tous les éléments ont une valeur considérable et interagissent entre eux de façon égalitaire.

Dans ce cadre, nous pouvons parler des peuples nomades (par exemple, les mongols qui pratiquent traditionnellement le bouddhisme[65]), qui déplacent leur résidence en s'adaptant à leur environnement pour pouvoir pratiquer des cultures et de l'élevage ou pour obtenir des conditions climatiques conformes à leurs besoins. Ils recherchent leur bien-être en modifiant leur emplacement par exemple en fonction de l'altitude ou l'orientation de leur habitat. Ainsi, ils acquièrent leur confort sans détruire la nature qui peut alors se régénérer.

Une autre théorie plus extrême appelée Gaïa correspond à l'idée d'équilibre entre tous les êtres vivants y compris la terre. Dans ces idées, la terre n'est pas simplement un support du vivant. Elle est animée et constitue un organisme dans lequel les êtres et les choses y vivent en symbiose. Ces théories ressemblent à l'idée d'écocentrisme et présentent les relations symbiotiques ayant une influence climatique globale.[66] Alors, dès qu'un élément ne remplit plus son rôle ou dépasse son niveau d'intervention, ce système deviendrait déséquilibré.

Afin de se situer en tant qu'un élément de la nature, comment l'homme doit réagir ? Ne devrait-t-il pas stopper son développement industrialisé ? Dans ce cas, la réponse aux besoins de confort thermique ne serait-t-elle pas ailleurs que dans les systèmes

[63] CLEMENT, Gilles, RAHM, Philippe. *Environ(ne)ment,* Milano, Skira Editore S.P.A, 2006, p.55
[64] Yrjö Sepänmaa, *The beauty of environment, op. cit.,* pp.12-19
[65] Wikipédia, *Mongols,* Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Mongols, Consluté le 4 mai 2013
[66] Wikipédia, *Les théries Gaïa,* Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9ories_Ga%C3%AFa, Consulté le 20 avril 2013

techniques de climatisation ?

Nous avons ainsi abordé deux points de vue extrêmes positionnant l'homme dans son environnement. Mais quelque soit l'hypothèse prise en compte, l'humain a une sorte de responsabilité envers l'environnement qui l'impacte directement. Cela peut lui être bénéfique mais également peut lui générer des contraintes. Sa position en tant qu'observateur ou en tant qu'acteur dans la relation entre l'homme et la nature est une base intéressante d'analyse puisque l'impact sur l'environnement est potentiellement différent dans les deux cas. Nous avons compris que par le point de vue d'anthropocentrisme, nous ne pourrons pas régulariser notre problème environnemental. Probablement, le point de vue d'écocentrisme pourrait nous aider à retrouver l'écosystème accompli, néanmoins, ce choix serait-t-il idéal aussi pour l'homme ?
En effet, la culture produit quelque chose de nouveau et a donc toujours un impact sur la nature. Le monde sans la culture peut être le meilleur modèle pour la nature mais n'est pas le meilleur choix pour l'homme, ce qui condamnerait la diversification et exclurait la réalité.

Finalement, quelle serait le meilleur chemin vers l'équilibre ? Peut-être un comportement ou une position alternative ?

3. Une orientation alternative, « Eco-tech »

Dans tous les espaces où existe l'homme, la nature doit tenir sa place en évoluant de façon équilibrée pour atteindre la symbiose. Cette coexistence est essentielle mais l'homme doit également apprendre à interagir avec la nature. Ce regard du monde est un point de vue écologique. En parallèle, la technologie a été apportée ou créée par l'homme surtout depuis l'ère de l'industrialisation et s'est développée de façon exponentielle au XXème siècle et en ce début du XXIème siècle. Cependant, cette évolution s'est réalisée en très grande partie en dehors du cycle de la nature ou sans prendre en compte les contraintes de l'écosystème. Notamment, le mécanisme de climatisation est une technologie qui a été découverte pour uniquement apporter un confort à l'humain mais en oubliant la nature. Dans ce cadre, nous nous posons les questions suivantes :

- pourquoi ne pas réfléchir à la façon de nous adapter nous-mêmes à notre environnement au lieu de maîtriser un nouvel environnement artificiel ?
- Pour cela, comment pouvons-nous appliquer nos poussées techniques pour diminuer ou supprimer les impactes négatifs vers la nature ?
- Comment la technologie peut s'orienter pour aider l'homme à s'adapter à son environnement ?

Commençons tout d'abord par un bref historique de l'évolution de l'architecture. Le XXème siècle est défini comme l'époque de l'architecture « High-tech » ou « Techno architecture » qui a surtout émergée dans les années 70, incorporant des éléments industriels hautement technologiques dans la conception de toutes sortes de bâtiments.

De nos jours, la tendance « High-tech » semble prendre une nouvelle dimension en s'orientant vers l'« Eco-tech[67] : écologie+technologie », qui intègre les principes de l'écologie et de la protection environnementale dans le développement de la technologie. Cette expression est reprise en particulier chez Catherine Slessor qui est un auteur

[67] SLESSOR, Catherine, *Eco-tech sustainable architecture and high technology*, Edition Thames & Hudson, 1997, p. 9

anglais spécialisé dans la critique architecturale. A travers 40 projets d'architecture réalisés entre 1991 et 1996, elle évalue la façon avec laquelle chaque projet intègre les principales caractéristiques de l' « Eco-tech ». Selon elle, cette nouvelle tendance intervient comme une continuité des principes « High-tech » élargissant la sensibilité architecturale à de nouvelles préoccupations telles que le contexte local (éclairage naturel, climat, etc.), la réactivité sociale, l'utilisation de l'énergie, l'urbanisme et la sensibilisation écologique.

De façon plus générale, le terme d'« Eco-technologies » correspond à « *l'ensemble des technologies dont d'emploi est moins néfaste pour l'environnement que le recours aux techniques habituelles répondant au même besoin. L'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Economiques) définit les éco-industries comme toutes les activités qui produisent des biens et services visant à mesurer, prévenir, limiter ou corriger les atteintes à l'environnement touchant l'eau, l'air ou le sol, et les problèmes en rapport avec les déchets, le bruit et les écosystèmes.* »[68] Les éco-technologies doivent alors permettre de diminuer l'empreinte de l'homme sur la nature en optimisant leurs performances environnementale et en s'intégrant dans un processus d'amélioration continue. Dans ce contexte, le gouvernement a mis en avant les champs techniques et les secteurs d'activité qui sont concernés par cette problématique :

- les ressources renouvelables, les énergies et les ressources premières
- l'efficacité des « systèmes » : produits, procédés et usages dans l'industrie, les transports, le bâtiment…
- les technologies environnementales curatives (dépollution, réhabilitation) et préventives (produits de substitution, systèmes de surveillance).[69]

En intégrant cette idée pour les systèmes de climatisation, nous pouvons sans doute découvrir d'autres types de fonctionnements respectant un nouveau schéma dans lequel la technologie, l'homme et son environnement n'entrent pas en conflit. En analysant plus profondément les connectivités entre la nature et l'homme, nous pourrons réfléchir sur des nouvelles façons de faire interagir l'espace de transport avec l'individu.

[68] SENGES, Anne, *Eco-tech. Moteurs de la croissance verte en Californie et en France*, Paris, Autrement, 2009

[69] Site de Ministère de l'écologie, *Du développement durable et de l'énergie*, Source : http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-eco-technologies-au-service-du.html, Consulté le 26 avril 2013

4. La climatisation soutenable, de nouveaux paramètres

Le développement de la technologie peut résoudre certaines situations et est en constante remise en question. Cependant, même si nous connaissons globalement les principes de fonctionnement biologiques de l'homme, ceux-ci semblent loin d'être mis en valeur dans la conception de dispositif thermique. Aussi dans cette partie, nous verrons qu'à ce sujet de nouveaux critères peuvent être pris en compte et qu'il est sans doute envisageable de dupliquer le fonctionnement organique de la nature vers celui de la technique.

4.1 Adaptation de l'homme par les aspects sensoriels

L'Etat intervient activement pour contrôler la température dans certains espaces en définissant les chiffres limites dans le but de diminuer l'impact environnemental. En France, « *dans les locaux à usage d'habitation, d'enseignement, de bureaux ou recevant du public et dans tous autres locaux, les limites supérieures de température de chauffage sont, en dehors des périodes d'inoccupation définies, fixées en moyenne à 19° C* ». Par ailleurs, pour contribuer à la limitation de l'usage des systèmes de refroidissement, depuis le 1er juillet 2007, « *dans les locaux dans lesquels est installé un système de refroidissement, celui-ci ne doit être mis ou maintenu en fonctionnement que lorsque la température intérieure des locaux dépasse 26 °C.* ».[70] Cependant, nous pouvons remarquer dans le tableau ci-dessous (Tabelau 1) que chaque pays définit ses propres normes de réglages des températures.

[70] Loi français : *article R. 131-20, 22, 23*, Source : http://www.legifrance.gouv.fr, Consulté le 24 mars 2013

pays	Norme du système de chauffage	Norme du système de refroidissement
Etats-Unis	18.3℃	23.9 – 27.8℃
Japon	20℃	28℃
Corée du sud	20℃	26℃

Tableau 1. Normes de réglages des températures
Source : ASHRAE : American Society of heating refrigeration and conditioning engineers

Pourquoi chaque pays peut extraire différents modèles de température convenable ? Pourquoi les peuples de chaque pays ont la capacité de supporter différentes conditions thermiques ? Effectivement, un article nous présente que les températures confortables peuvent varier selon les climats du pays, par exemple, en Angleterre, la température agréable est de 17°C, tandis qu'en Irak, elle se situe à 32°C.[71] Un rapport coréen a aussi publié que la température estimée comme confortable a beaucoup évolué depuis un siècle. « *En 1900, un espace intérieur était située entre 18-20℃, et en 2012 entre 23-26℃ en 2012 en Corée du sud.* »[72]. Les raisons peuvent être liées la culture, la mode, et le style de vie. Ne pourrait-on pas alors inverser la tendance en établissant de nouvelles bases de températures acceptables auxquelles la population adhérait auparavant ?

Néanmoins, certains pays parviennent à imposer une sorte de retour en arrière dans les comportements quotidiens. En 2010, en Corée du sud, le président a revendiqué de porter le « Né Bok » à la population chaque hiver. Il s'agit d'une sorte de sous-vêtement très chaud, traditionnellement coréen. Ce vêtement ajoute plus de 3℃ à la température du corps. Pour lancer ce mouvement national, l'Etat a diminué légalement la température dans certains espaces publics à moins de 18℃ en hiver. Ce qui a permis de réaliser des économies énergétiques conséquentes.

Finalement, à travers ces données, nous pouvons remarquer que la sensation de confort est perçue de manière variée et que l'Etat, par la loi, peut intervenir sur la capacité d'adaptation de l'homme au climat ambiant. Cependant, notre adaptation est parfois

[71] Michael A, Humphreys, *Field study of thermal comfort compared and applied, Department of the environment*, Inst. Heat&Vent. Eng, 1975
[72]PARK Gihyun, *Programmes des économies énergétiques dans plusieurs pays*, Séoul, Korea energy economics institute, 2010

contrainte en raison d'idées fixes (comme les banquiers doivent porter des costumes avec cravate, etc.), de la manière de vivre, ou des habitudes. Ainsi, la température considérée comme agréable établie par la loi sera difficile à appliquer étant donné que la température ressentie individuellement pourra diverger en fonction des situations.

Afin de mieux cerner les capacités d'adaptations de l'homme, focalisons-nous maintenant sur ses aspects physiologiques.
Sa température n'est pas fixé que biologiquement, elle est plutôt liée à des habitudes historiques et quotidiennes. Donc chaque humain a la possibilité de s'adapter au climat dans lequel il vit. Egalement, au lieu de faire varier la température mécaniquement, il essaye lui-même de contrôler et balancer sa température de 37°C à travers la transpiration par exemple. En dehors du corps, nous pouvons envisager de modifier notre mode d'habillement afin de parvenir à des exigences personnelles de confort. Par exemple, dans le transport en commun, les usagers qui ne supportent pas la température dans l'espace, doivent pouvoir s'adapter en portant soit des vêtements plus amples et légers en été soit en investissant dans un habillement plus chaud en hiver.
La température extérieure étant soumise à des variations tributaires du climat, de la saison et de l'heure, le corps humain s'efforce de maintenir cette température par une thermorégulation dont l'individu n'a pas conscience.
Pour ce faire, il cède, par la peau, une quantité de chaleur plus ou moins grande, en fonction de son degré d'activité et de la température ambiante. Si la température du corps augmente, il produit de la sueur à la surface de la peau, ce qui permet d'évacuer de la chaleur par évaporation. Si la température du corps baisse, la peau se rétracte pour réduire la surface par laquelle elle perd de la chaleur, et les poils de la peau se dressent. Au besoin, le corps produit un surcroît de chaleur par des tremblements musculaires.

De nos jours, cette capacité biologique dont l'homme bénéficie automatiquement semble être oubliée et sa capacité effective à s'adapter aux différentes ambiances climatiques diminue davantage d'année en année.

Cependant, pour compenser ce manque, l'homme peut maintenir ou contrôler la température du corps, conserver la santé et plus largement assurer la vie en utilisant

d'autres fonctions de son corps.

Dans le cadre des transports en commun, le domaine de l'analyse des aspects sensoriels doit être davantage mis en valeur. Par exemple, en été, quand nous touchons les différents matériaux dans le bus ou le métro, comme le tissu ou le métal, nous pouvons avoir un ressenti plus ou moins chaud ou froid. Aussi, quand des bruits assourdissants liés à des frottements du train avec le rail s'expriment dans le RER, le voyageur se sentira inconfortable, stressé et aura alors sans doute une sensation de chaleur parcourant son corps.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'homme possède la faculté d'éprouver des sensations à travers des éléments extérieurs impactant directement ses organes sensoriels. En outre, ayant comme caractéristique fondamentale d'être un organisme endotherme, il peut alors réguler et maintenir sa température par ses propres moyens.

D'un côté, les variations de température de l'atmosphère extérieure ont un effet sur le métabolisme humain qui va alors générer des sensations de chaleur ou de fraicheur.

De l'autre côté, en ingérant des éléments dans son intérieur, ses organes interagissent afin de permettre la continuité de la régulation de la température.

Philippe Rahm exprime bien cette situation en mettant en valeur les gestes de l'homme les plus communs comme « *celui de boire s'il fait trop chaud pour abaisser la température par évaporation ou de manger s'il fait trop froid pour lancer le processus de combustion des nutriments qui produira de la chaleur dans le corps.* »[73]

Ainsi, l'absorption de nourriture telle que les aliments, principalement les protéines, c'est-à-dire la viande ou le poisson, et aussi le sucre, utilise de l'énergie et provoque de la diffusion de chaleur notamment par le mécanisme de digestion. Egalement, l'activité physique active de la même façon le processus permettant de produire de la chaleur.

Ainsi, plus largement, ce que nous voyons, écoutons, touchons, absorbons ou humons peuvent influencer directement ou indirectement notre confort, notamment notre confort thermique. A l'échelle microscopique, le développement de la climatisation devrait sonder de nouveaux champs de perception cutanée, olfactive, hormonale. Plusieurs

[73] RAHM, Philippe, Article pour le projet : Les nouvelles Gorges d'Olduvai, Source : http://www.philipperahm.com/data/projects/newolduvaigorges/index-f.html, Consulté le 2 janvier 2013

organes sensoriels pourraient être visés pour obtenir un meilleur confort thermique et deviendraient, avec leur propre pondération, des facteurs impactant le degré de température et le pourcentage d'humidité de l'usager. Ainsi, à grande échelle, il devrait explorer le potentiel atmosphérique et poétique de nouvelles approches.

4.2 Récupération des éléments invisibles

La peau est comme une transition entre l'extérieur et l'intérieur du corps et fonctionne en tant que thermorégulatrice. Dans le contexte, nous pouvons considérer *« le vêtement comme deuxième peau, et plus largement les bâtiments doivent prendre le relais, en assurant une protection thermique supplémentaire.* ».[74] La place de la climatisation est là, nous en avons besoin pour mieux faire fonctionner notre peau externe, l'espace intérieur, en plus des éléments permettant d'apporter un confort sensoriel.

A travers des idées de Philippe Rahm, nous pouvons aborder une nouvelle approche basée sur la récupération des éléments invisibles comme l'énergie des calories que nous perdons pendant les trajets, la photosynthèse des plantes naturelles dans les gares, etc. Dans ses projets, il explique comment ces éléments peuvent s'intégrer pour influencer la condition thermique. Le projet « *Fermented movies* » nous permet de réfléchir sur des échanges énergétiques, matériels, etc., pour sortir de l'indépendance de chaque élément. C'est-à-dire que nous pouvons déplacer de l'énergie d'une forme à une autre, «*concrétiser les flux invisibles, réutiliser les énergies dilapidées, organiser l'interaction entre le monde organique et inorganique, entre l'espace et le corps.* ».

Finalement, par rapport à cette méthodologie, ne pourrions-nous pas aussi découvrir d'autres formes de climatisation en redéfinissant des éléments invisibles dans les transports en commun ? Par exemple, le mouvement des transports, la vitesse de l'air, le freinage, les pas des voyageurs dans les couloirs du métro, la chaleur de l'éclairage, etc.

En réalité, la RATP a abordé le système de récupération de l'énergie au freinage. Ce

[74] KLENIN Oliver, SCHKENGER, Jörg, *Basics Climatisation*, Birkhauser, Basel, Boston, Berlin, 2009, p.8

système permet de récupérer l'énergie lors des phases de freinage des trains. Ensuite, elle est réinjectée sous forme d'électricité dans le moteur. Aussi, la piézoélectricité consiste en la récupération de l'énergie générée par les pas des voyageurs, et permet d'alimenter d'autres fonctions utiles pour les besoins des transports (par exemple, en Corée du sud, le métro à Pusan l'utilise pour l'éclairage et la climatisation en été).

Dans les conceptions de la mutualisation d'énergie, Bouygues Immobilier, nous présente un projet de cohabitation entre les bureaux et les habitats, afin de répondre aux différents besoins et réduire les consommations d'énergie en échangent des éléments. Le système permet de récupérer la chaleur qui est diffusée par le mécanisme de rafraîchissement pour des bureaux, pour ensuite l'utiliser pour produire de l'eau chaude dans les logements en été.

Fig. 28 Achitectures lancées par Bouygues Immobiliers, Source http://www.eti-construction.fr/la-mutualisation-des-energies-solution-pour-les-constructions-de-demain-8531/, Consulté le 2 mars 2013

Egalement, avant la conception de l'installation de climatisation, nous ne pouvons pas oublier l'existence de la climatisation naturelle. Selon le lieu, nous avons un climat particulier, par exemple, le microclimat dans la montagne, ou dans la vallée, au bord de la mer, le climat artificiel dans le tissu urbain, le climat transition sous les plantations urbaines, etc. Nous devons ainsi qualifier et quantifier son influence et reconnaître son caractère propre afin de concevoir les outils essentiels qui permettront de faire le lien entre le climat local et les exigences de chaque espace ou chaque situation.

Depuis longtemps, l'effet de l'orientation sur la réception des apports était bien connu. Dans ce cadre, nous choisissons la meilleure disposition vis-à-vis de l'ensoleillement et

du régime des vents. Selon des idées de Philippe Rahm, nous pouvons utiliser certaines méthodologies pour l'amélioration météorologique dans l'espace. Il est important de détailler toutes les caractéristiques du lieu (de l'endroit lui-même, de l'emplacement des gares ou des arrêts de bus, des usagers, etc.) pour ensuite déterminer le design extérieur et la composition d'espace intérieur.

Nous pouvons adapter le climat de l'espace local par l'intégration de plantes ou de pelouses, ce qui permet de refléter les rayons directs du soleil et isoler les toits ou les murs d'architectures des espaces des transports en commun. Par exemple, si 86% de la surface d'un toit est recouvert par les plantes, une température élevée peut diminuer de 0.2℃ à 1.4℃. Lorsque la température est de 20℃, les plantes grimpantes ou les feuilles des plantes éliminent 574kcal par l'évaporation de l'humidité dans l'atmosphère.[75] Cet effet d'évapotranspiration et de reflet pourra économiser la consommation d'énergie. Ainsi, ces efforts nous aiderons à remplacer les machines par les éléments naturels.

[75] IM, Mantaek, *Architecture écologique*, Séoul, Edition Bomoondan, 2011, p.56

Conclusion

L'homme a laissé de côté le contact direct avec la nature au profit d'un contact davantage artificiel avec le développement de la modernisation. La technologie notamment la climatisation est entrée dans le périmètre de l'homme, a provoqué le fait qu'il se protège de l'environnement extérieur et en conséquence expose de moins en moins son corps au monde naturel. Cette évolution semble avoir été générée en raison d'une idée fixe selon laquelle l'homme domine la nature.
Nous prenons conscience que la relation avec la nature apparait comme une nécessité. Nous pourrions alors considérer que l'écocentrisme serait alors le mouvement permettant de parvenir à une symbiose entre l'homme et la nature.
Cependant, l'humain ne peut pas abandonner la culture d'aujourd'hui dans laquelle la technologie a pris une place considérable.
Ainsi, le confort thermique doit trouver une solution plus soutenable à travers le retour vers la mise en valeur des phénomènes physiologiques et naturels.

L'écotech pourrait devenir un bon compromis permettant d'adapter la technologie pour la rendre plus compatible avec la nature et avec les caractéristiques de l'être humain en tant qu'individu.

En effet, l'homme doit pouvoir conserver sa capacité d'adaptation en positionnant la technologie de climatisation de façon différente afin de l'aider à interagir avec la nature.

Comment « former » cette fonction de climatisation afin de répondre à cette approche basée sur un besoin de confort et de mobilité alliant la technologie, la nature et l'homme ?

Chapitre 4.
Le champ de la climatisation,
deux axes pour mener à la diversité

Nous avons parcouru précédemment, un ensemble d'orientations déjà enclenchées ou vers lesquelles nous diriger. Afin de guider le design de l'avenir, nous allons maintenant réunir certaines bases de réflexion au sein de deux axes.

Dans le contexte actuel, revoir le sens de la fonction de la climatisation nous parait indispensable. Les limites de la climatisation traditionnelle nous invitent à réfléchir à de nouvelles approches. Dans le livre « Faire place », Pierre-Damien Huyghe avance que « *La thématisation de nos existences, c'est précisément ce qui nous est fourni quotidiennement via la presse, afin de nous rendre sociaux, et de nous conserver dans la socialité. En fait, ce qui nous manque, c'est une perception formelle, c'est l'exposition, l'appareillage, la mise en apparat des rythmes de l'expérience qui nous définissent.* »[76]. En effet, le progrès qui amène la climatisation à se développer apparait aujourd'hui « thématisé ». C'est-à-dire que nous évoluons en nous fixant des contraintes ou des limites dans la conception d'une œuvre ou d'un outil, etc. Alors que, comme le précise Pierre-Damien Huyghe, « *nous avons besoin qu'il soit formé. Et ce sont des principes esthétiques de ce type là auxquels on peut inviter à travailler* »[77]. En tant que designers ou concepteurs, nous devrions alors ouvrir nos modes de pensée de manière plus libérée et ainsi construire de nouvelles formes répondant au besoin de confort thermique. En élargissant notre esprit à davantage de diversité, nous pourrons alors traduire et former les besoins de confort thermique vers de nouvelles orientations qui étaient auparavant figées dans un périmètre bien défini.

1. Un changement de contexte et une évolution des exigences : une nécessité de « traduire »

Le mot « traduire » dans le dictionnaire Le Petit Robert est défini comme le fait d' « *exprimer, de façon plus ou moins directe, en utilisant les moyens du langage ou*

[76] HUYGHE, Pierre-Damien, *Faire place*, Paris, Editions R-diffusion, 2009, p.13

[77] Séminaire « Méthodologie de la recherche », C/O, Pierre-Damien Huyghe, 27 septembre 2012, dans le cadre de Master 2 « Design et Environnements » à Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

d'un art.»[78]. Ce verbe intègre également le sens de transcoder, adapter, interpréter. Ainsi, nous allons tenter de déchiffrer le sens du besoin de climatisation et de confort thermique qui a évolué compte tenu d'un nouveau contexte et de certaines prises de conscience de l'homme. Auparavant, la climatisation « moderne » était définie comme une technologie qui modifie l'air d'un espace de façon unilatérale, en utilisant des énergies principalement fossiles et en rendant l'atmosphère artificiel. Cela répondait à un besoin de l'homme qui recherchait à augmenter sa propre satisfaction en termes de confort.

Dorénavant, il semble que le besoin soit double : à la fois l'homme a toujours une exigence de confort thermique, mais la nature doit s'intégrer désormais dans le cadrage de la conception. La climatisation a alors comme objectif la soutenabilité en s'appuyant sur le contexte environnemental et en réunissant la technologie avec les forces de la nature. Aussi, cela induit de progresser en efficacité énergétique. Nous pouvons également traduire le besoin de confort thermique comme une idée de rendre confortable la nature, c'est-à-dire de la protéger. Enfin, plutôt que de répondre directement au besoin de confort de l'homme, l'objet sera alors de l'aider à s'adapter.

A partir de ce raisonnement, nous allons maintenant présenter plusieurs approches qui répondent à cette nouvelle traduction du confort thermique et qui peuvent conduire à de nouvelles orientations.

1.1 Modernisation de la climatisation

Depuis la création de la fonction « climatiser l'espace », nous considérons ce mécanisme comme un dispositif moderne, mais de nos jours, nous découvrons que cette fonction n'est plus conforme avec le sens de la « modernité » actuelle. En effet, celle-ci met en lumière des contraintes non prises en compte auparavant et exige d'adopter de nouveaux principes afin de répondre aux besoins futurs liés à la soutenabilité.

78 Traduire (2003), Dictionnaire Le Petit Robert, Paris

Selon l'idée de Pierre-Damien Huyghe, « *La modernisation consiste à modifier non pas les formes mais les fonctions elles-mêmes, et peut-être que ces fonctions modernisées attendent leur forme, et que nous pourrions travailler à ça : former des fonctions modernisées.* »[79]

L'objectif de cette fonction traditionnelle est donc de tempérer un espace défini (température et humidité, qualité d'air, etc.) pour améliorer le confort de l'utilisateur. Cependant, la climatisation modernisée et conforme aux contraintes actuelles et futures doit être traduite à travers de nouvelles fonctions. Selon l'idée de Philippe Rahm, « *la forme et la fonction suivent le climat* »[80]. Dans cette logique, le climat est déjà un facteur important dont les composantes sont l'équivalent d'outils de construction comme les matériaux (métal, brique, béton, etc.). Ainsi, cette idée va dans un autre sens par rapport à celui de la fonction de climatisation traditionnelle qui part d'une machine ou d'une technologie pour modifier le « climat » ambiant. Nous défendons donc que les éléments du climat sont la base même de la conception des fonctions et cette approche permettra de redéfinir la climatisation modernisée.

Concrètement, le confort thermique ne signifie donc plus uniquement la modification de l'atmosphère d'un espace. Nous repérons dorénavant d'autres fonctions qui découlent de notre analyse du contexte environnemental et humain.

Notamment, la climatisation devrait maintenant répondre à des besoins exprimés par la nature elle-même et à un cahier des charges éco-technologique. Plus particulièrement, l'une des exigences supplémentaire à la fonction de climatisation traditionnelle sera de protéger la nature en utilisant des technologies compatibles telles que l'intégration des énergies renouvelables (solaire, thermiques, humaines, etc.) déjà abordées dans les chapitres précédents. Egalement, l'objet ne sera plus d'utiliser l'énergie sans se préoccuper de sa réutilisation. La récupération de la chaleur ou la fraicheur ou d'autres énergies externes devraient être les sources de génération du confort thermique.

[79] Séminaire « Méthodologie de la recherche », C/O, Pierre-Damien Huyghe, 27 septembre 2012, dans le cadre de Master 2 « design et environnement » à Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
[80] CLEMENT, Gilles, et Philipe RAHM. *Environ(ne)ment : manières d'agir pour demain*, Milan(Italie), Skira, 2006, p.128

D'autre part, par opposition au système existant, la modernisation de la climatisation, consistera à privilégier l'adaptation de l'homme plutôt que la transformation de l'environnement. Il s'agira donc de cibler les caractéristiques propres à l'homme afin de les prendre en compte dans la conception d'objets, d'outils, de mécanismes, permettant de répondre au besoin de confort thermique de l'individu.

Enfin, une dernière orientation clé serait d'adapter les espaces entourant l'usager des transports au lieu d'intégrer une technologie au sens « machine ». Cela signifie que les designers doivent créer des espaces « modernes » où l'architecture et les véhicules respectent une certaine harmonie en termes d'emplacement des arrêts ou des gares, de leur orientation, leur hauteur, de la luminosité pénétrant dans un bus par exemple.

1.2 Le confort thermique, des exigences spécifiques à la mobilité

Le confort thermique n'est pas approprié au domaine des transports dont l'activité principale est la mobilité. Nous avons pu apporter cette réflexion à travers notamment, l'interview réalisé avec Laurent Gagnepain qui expliquait que « *ce sont des véhicules pour lequel le cahier des charges de climatisation n'est pas du tout le même. […] il s'arrête tous les 300 ou 500 mètres et il ouvre les portes. Ce qui fait que sans cesse il y a un afflux de chaleur qui vient de l'extérieur et il y a aussi beaucoup de mouvements de personnes qui vont de l'intérieur vers l'extérieur, […] les gens rentrent dans le bus, et ils n'interviennent pas sur le système de climatisation et malgré tout il faut qu'il y ait un bon brassage d'air pour que la température soit suffisamment homogène à l'intérieur du bus.* »[81]

Ainsi, les sociétés de transports ont conçu les bus ou les espaces d'attente comme les gares en dupliquant des systèmes de climatisation utilisés dans d'autres contextes (autocar, voiture, architectures tels que l'habitat ou les bureaux, etc.) sans prendre en compte les exigences spécifiques liées à l'activité de mobilité.

[81] GAGNEPAIN Laurent, ADEME, Interview téléphonique, le 27 mars 2013

En effet, les transports impliquent que les usagers sont continuellement actifs et en situation de déplacement, leur temps d'usage est plutôt à court terme, et leur positionnement dans l'espace est davantage en stature debout. Ces caractéristiques sont alors très particulières et ne correspondent pas à celles d'autres moyens de transport ou d'immeubles. Pourtant, le système de climatisation est à peu prés identique dans ces situations.

Dans ces conditions, il est nécessaire d'intégrer ces éléments oubliés auparavant dans le cahier des charges de la climatisation modernisée.

1.3 Passif vers actif : les voyageurs deviennent acteurs.

La climatisation traditionnelle dans le transport en commun génère le fait que les voyageurs doivent accepter le confort thermique inconditionnellement. Cette situation passive a deux impacts : un sentiment d'insatisfaction chez l'usager qui n'a pas le choix et un effet sur l'évolution humaine biologique sur le long terme.
Le premier point de vue est davantage lié au fonctionnement de la climatisation actuelle. C'est-à-dire que le fait de généraliser un certain confort défini scientifiquement dans l'espace avec une température et un taux d'humidité spécifique provoque une situation où le voyageur est obligé d'accepter ou même de subir cette condition. Dans ce cadre, ils ne peuvent pas choisir selon son profil ou ses attentes. Ils doivent passivement rester pendant le trajet dans les trains, bus, et métros avec souvent un sentiment de frustration et donc d'inconfort. L'homme a alors la position du receveur plutôt que de l'acteur.

Le deuxième point de vue provient de l'effet de cette fonction de confort thermique. C'est-à-dire que les récepteurs de l'homme étant entourés d'un climat artificiel sont moins exposés aux variations climatiques extrêmes. Ainsi, la peau, les organes, le système nerveux réagissent moins activement et nous pouvons supposer que les caractéristiques biologiques pourraient être modifiées à plus long terme. Cette passivité aura alors un effet de perte de la faculté d'adaptation naturelle de l'homme à son environnement.

La notion d'adaptation correspond à la mise en accord de l'organisme avec les conditions qui lui sont extérieures. Elle est au cœur de la théorie de l'évolution par la sélection naturelle inventée par Charles Darwin.

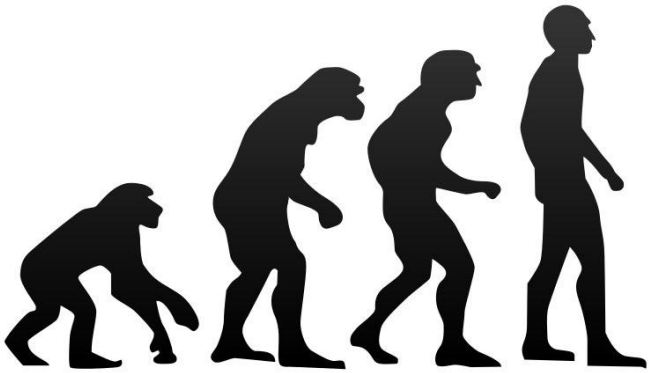


Fig. 29 L'évolutionisme humaine Schéma caricatural et scientifiquement
Source : http://scienceon.hani.co.kr/31713, Consultée le 18 avril 2013

Partant de cette hypothèse, nous suggérons que l'homme doit bénéficier du choix de profiter ou non de l'amélioration thermique en fonction de l'utilité qu'il en ressort. Ainsi, le confort thermique doit être traduit non pas comme un fonctionnement généralisé mais personnalisé où l'homme devient l'acteur principal.

Cette orientation est nécessaire pour la survie de l'homme et garantit son immunité envers le climat naturel.

2. De nouvelles variables à associer : « Former »

Nous allons maintenant étendre le champ de la climatisation vers un nouvel axe afin de construire des formes ou de « former » les fonctions pour la climatisation soutenable.
De cette méthodologie émergeront de nouvelles idées alternatives répondant au même besoin initial lié au confort thermique.

Nous pouvons nous appuyer sur Frank Lloyd Wright qui met en avant « *la forme et la fonction* »[82]. Dans son idée, la forme n'est pas une conséquence de la fonction comme Sullivan le prétendait en déclarant que « la forme suit la fonction ». Dans ce contexte, il existe sans doute des fonctions du confort thermique auxquelles nous devons associer le travail de la forme, et non pas partir de la technique pour ensuite l'enrober dans un certain format.

A ce sujet, Marc Augé évoque « *des espaces construits qui ne sont pas pour lui des lieux, et qui en fait sont peut être des endroits qui n'ont pas de forme, qui n'ont pas trouvé leur forme, qui n'ont pas encore de forme.* »[83]
Ceci induit que certaines fonctions existent mais que nous manquons de les associer à une forme. Le confort thermique peut en effet bénéficier d'autres types d'espaces ou d'autres actions qui remplaceront certaines fonctions déjà en place mais qui sont actuellement inutilisées dans le contexte de la climatisation. Nous allons présenter deux thématiques dans lesquelles de nouvelles formes de confort thermique pourront s'insérer dans le modèle quotidien des usagers.

2.1 Sensations des voyageurs

[82] Frank Lloyd Wright a dit "*Form follows function – that has been misunderstood. Form and function should be one, joined in a spiritual union*." (*La forme suit la fonction – ayant été mal compris. Forme et fonction devrait être une, est uni spirituellement).* Il introduit le concept d' « architecture organique » : la forme des parties de la maison doit harmonieusement découler de leurs fonctions. Pour simplifier « *la forme et la fonction ne font qu'un* ».
[83] Marc Augé cité par Pierre-Damien Huyghe au séminaire « 3 formules pour le design», le 8 octobre 2013, Paris, à l'ENSCI

Pour découvrir de nouvelles formes de climatisation, nous allons commencer par analyser l'origine du confort thermique en nous focalisant sur les réactions physiologiques qui conduisent à un niveau de satisfaction.
Nous pouvons citer Denis Baron qui décrit le rôle du corps humain et son principe de fonctionnement sur le circuit des sensations : « *Le corps outil, support d'une représentation. Le corps parlant à travers des extrêmes qui lui imposent de s'extérioriser.* ».[84]
Notre corps reçoit et exprime plusieurs perceptions. Les sensations qui en découlent, « qui s'extériorisent », sont des représentantes du confort global. Ainsi, le confort thermique peut alors trouver sa source à travers nos cinq sens.

Christophe Ruckebusch, maitrise d'ouvrage pour la partie d'aménagement d'intérieur des gares françaises (Gare&Connexion), affirme que la sensation du confort général d'une personne est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs. Notamment, le confort thermique devient une demande de plus en plus importante dans les gares, mais il est très complexe d'ajuster toutes les variables afin de parvenir à un confort optimal. En effet, tous les types de confort (sonore, signalétique, temps d'attente, etc.) sont imbriqués et brouillent alors la définition de la satisfaction globale.[85] C'est-à-dire que si un facteur devient une source d'insatisfaction, alors le voyageur retiendra uniquement cet impact négatif en oubliant les autres facteurs qui auront pourtant été à la hauteur.

Tout d'abord, nous analyserons les caractéristiques de la perception tactile. Denis Baron écrit que la chair est « *à la fois le signifiant et le signifié, le donné et le donnant. Et c'est avant tout la chair, matière périssable, qui est l'essence même de notre existence et qui nous permet de découvrir et connaître notre corps.* »[86]. En effet, la peau procure plusieurs sens différents, à la fois en tant que récepteur des impacts physiologiques qui sont extérieurs à l'homme et à la fois en tant que démonstrateur pour les effets biologiques qui sont intérieurs à l'homme. En outre, la peau fonctionne pour régulariser

[84] BARON, Denis, *Corps et artifices de Cronenberg à Zpira*, Paris, L'Harmattan, 2007, p.29
[85] RUCKEBUSCH, Christophe, Gare et Connexion, département d'aménagement d'intérieur, Interview, Paris, le 16 mai 2013
[86] BARON, Denis, *Corps et artifices de Cronenberg à Zpira*, *op.cit.*, p.29

la température humaine qui est adaptée aux exigences de l'environnement en retenant ou en favorisant l'élimination de la chaleur.

Nous aurons des impressions de chaud ou de froid différemment selon les parties corporelles. La figure ci-dessous présente que le centre du corps est moins sensible que les extrémités comme les pieds ou les doigts, et la sensation de cet écart de température s'amplifie en fonction de l'âge en raison de la circulation sanguine.

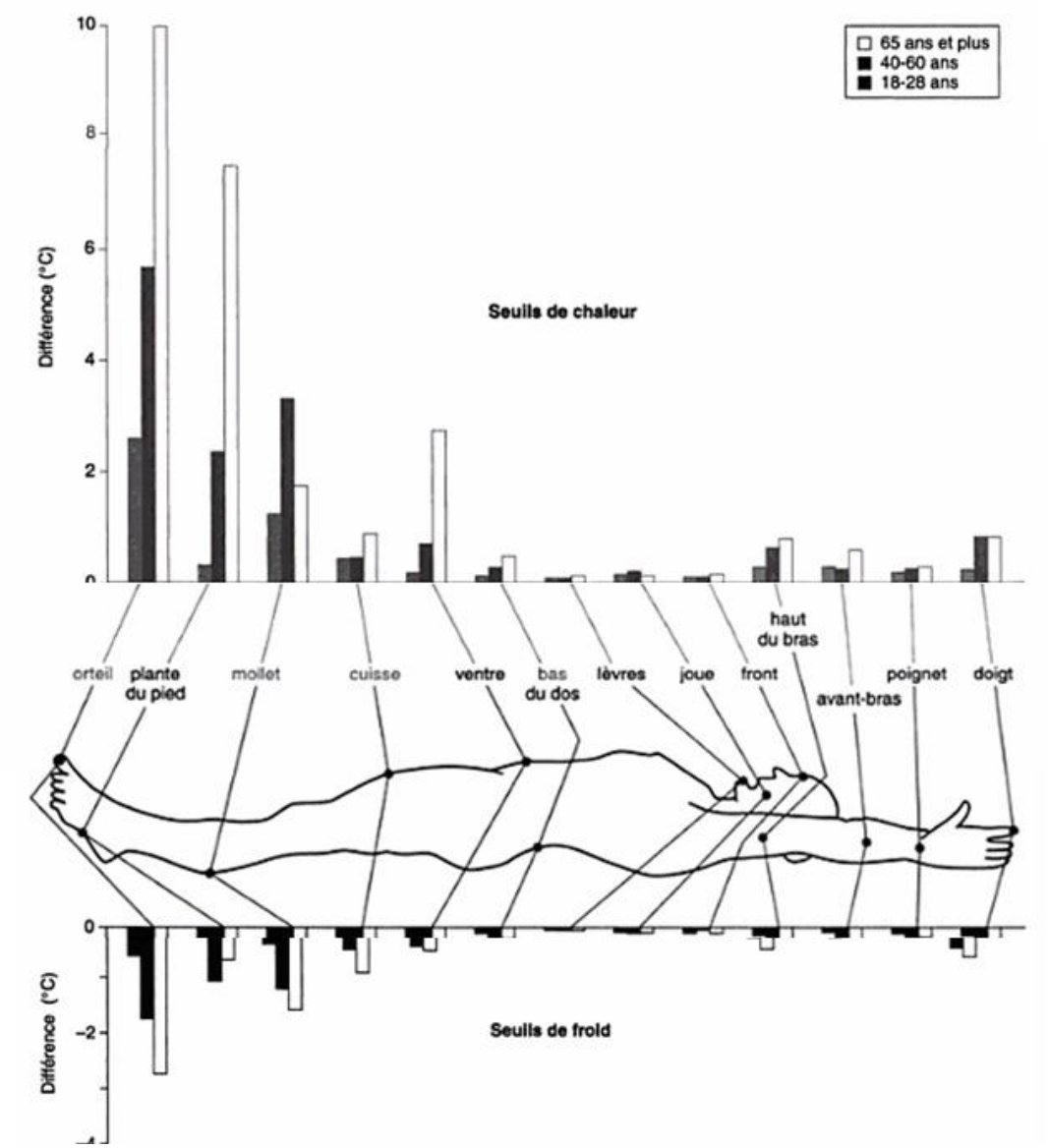


Fig. 30 Cartographie des parties du corps sensible au chaud (barres supérieures) et des parties du corps sensible au froid (barres inférieurs). Ces barres indiquent les seuils médians pour trois groupes d'âge (blanc : 65ans et plus, noir : 40-60ans, gris : 18-28 ans).
Source : Stevens, J.C., et Choo, K,K., *Temperature sensitivity of the body surface over the life span.* Yale university, 1998, p.21

Fig. 31 Arrêt de bus à Amsterdam, publicité de chocolat chaud, l'utilisateur peut sentir la chaleur lorsqu'il positionne ses mains.

Fig. 32 A Stockholm, arrêt de bus, chaleur transférée dans les mains
Source : http://blog.naver.com/victory_ong?Redirect=Log&logNo=70134100627, Consulté le 12 mars 2013

Une autre analyse d'André Delorme présente que « *les sensations de chaud ou de froid relèvent d'un phénomène d'adaptation. S'adapter, cela signifie modifier son zéro physiologique […] définit comme une zone neutre de complète adaptation thermique ou une zone d'indifférence thermique.* »[87]. Les designers ne devraient-il pas se baser sur ce phénomène physiologique en ayant pour objectif de « neutraliser » les sensations de l'usager ? Finalement la forme de la climatisation actuelle ne devrait-elle pas laisser place à d'autres concepts qui favorisent cette adaptation naturelle ?

[87] Ibid, p.157

Adaptation, évolution ont toujours été les lignes directrices de l'être humain. Denis Baron dit que « *L'insatisfaction personnelle nous pousse toujours à développer, voire à dépasser, des aptitudes jusqu'alors inconnues* ». [88] Les stimulations influencent et améliorent son corps afin qu'il s'adapte à l'environnement. Cependant, la climatisation nous apporte le confort thermique, mais à la fois, nous empêche d'être stimulés face au véritable environnement naturel.

D'autres moyens de perception influencent aussi directement et indirectement l'adaptation au climat ambiant mais, ne comptent pas parmi les éléments qui constituent ce que nous appelons aujourd'hui la climatisation. Les chercheurs ont expliqué que toutes les parties corporelles sensorielles fonctionnent biologiquement en protégeant le corps et en permettant l'adaptation des organismes.[89]

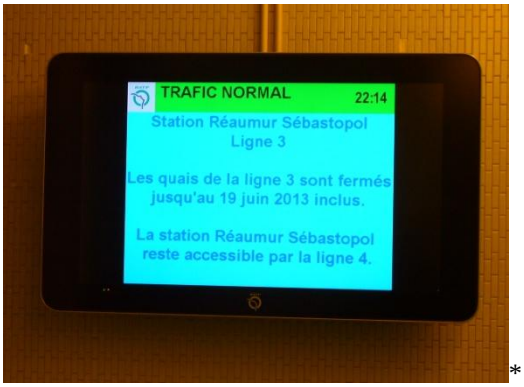
Au delà de flux de l'air et de l'humidité, notre confort thermique est également influencé par la couleur, les sons, la nourriture, etc., qui peuvent alors faire partie intégrante des composants de la climatisation. Par exemple, dans le transport en commun, le bruit du frottement sur les rails du RER, la couleur dans des tons bleus sur les chaises du métro et les poignées en métal dans un bus, provoquent une sensation froide.

[88] Ibid., p.34

[89] DELORME, André, FLUCKIGER, M (dir.), *Perception et réalité : Une introduction à la psychologie des perceptions*, Bruxelles, De Boeck, 2003, p.194

Fig. 33 Projet Malimö, Suède 2010
Une installation permanente conçue dans la gare Centrale de Malmö : un vaste panorama de paysages pour influencer les perceptions visuelles des voyageurs
Source : Exposition, La ville tournée vers l'espace public, Cité de l'architecture & du patrimoine, mars 2013

C'est ainsi que nous pourrons trouver d'autres formes de climatisation qui aideront à compenser les sensations d'inconfort provenant de l'environnement extérieur à l'homme. Par exemple, en hiver, nous pourrions soit modifier les panneaux ou les murs dans les stations de métro en appliquant des motifs comme le soleil, ou des couleurs chaleureuses, soit proposer de boire un thé chaud en attendant le bus, soit détourner le rôle de certains dispositifs comme l'éclairage ou le distributeur de billets dans la gare qui exhalent la chaleur.



*

Fig. 34 Dispositifs électriques existants dans le métro

Ils sont déjà présents dans le contexte des transports en commun en remplissant une fonction d'origine, mais nous avons la possibilité de définir une fonction secondaire qui apporterait la chaleur ou la fraicheur. Ce type de climatisation ne constitue plus un

appareil qui manipule seulement l'air et l'humidité, mais possède un sens plus large puisqu'il stimule les mécanismes biologiques à l'intérieur de l'homme et diffuse des énergies thermiques qui n'étaient pas valorisées auparavant. Cela appuie notre idée abordée un peu plus en amont selon laquelle l'homme devient actif et interagit avec son environnement de manière plus proche.

Cette approche correspond à un nouveau champ nommé le « design sensoriel » qui apparait et se développe de plus en plus dans les projets. Notamment, Louise Bonnamy et Jean-François Bassereau de l'agence de design RCP Design Global mettent en avant cette méthodologie et l'intègrent activement dans le domaine de l'automobile, du ferroviaire, etc. L'idée est de donner l'appréhension des matériaux qui composent et entourent le passager en combinant des aspects visuels et tactiles pour l'aménagement d'intérieur par exemple, les états de surface des matériaux, les emboîtements, les agencements de sièges, de meubles, les ambiances colorées et lumineuses, etc.

Pour soutenir cette nouvelle forme de réponse au besoin de confort thermique, ne manquons pas de citer Philippe Rahm pour qui « *l'architecture pourra être une réponse à une baisse ou une augmentation trop forte de la température du corps, à côté des mécanismes de vasodilatation, de sudation, de soif ou de contractions musculaires par exemple.* ». Pour pallier aux manques et aux déficits du corps, il serait sans doute en effet intéressant de travailler sur un concept d'architecture plus près du corps sans jamais devenir vêtement ni maison, qui apporterait élément par élément des réponses en vitamine D, vitamine A, mélatonine, chaleur, nutriments.

Par ces réflexions, nous pourrions former une nouvelle climatisation qui n'impacte pas la nature, à travers l'utilisation des sens des voyageurs afin de toucher plus directement leurs aspects physiologiques. Ainsi, les capacités d'adaptation et d'appropriation humaines pourront continuer à s'activer et à évoluer. Cette approche favorise intégration de l'individu dans sa relation avec les espaces des transports et son environnement.

2.2 stratégie de masse vers le locale

Aujourd'hui, la technologie de climatisation uniformise les espaces en termes de caractéristique thermique et de taux d'humidité en diffusant un air artificiel autour de 21°C. Ainsi, ce sont les normes qui fixent les besoins de nos corps en attribuant des moyennes de température à chaque espace comme nous l'avons évoqué dans le chapitre III. Cependant, dans la réalité quotidienne, les besoins peuvent être très diverses en fonction des situations, du contexte, et surtout de la capacité d'adaptation de chaque personne. Nous pouvons trouver notamment certaines normes qui commencent à s'intégrer dans le modèle de la société et qui visent à personnaliser davantage chaque espace en prenant en considération toutes les exigences du lieu et de la personne (comme les normes SIA suisse[90]).

Finalement, l'avenir du design dans le confort thermique est probablement dans la diversité, en raisonnant localement et en prenant en compte l'horizontalité et la verticalité. Nous pourrons en effet intégrer des formes d'applications du confort thermique de façon spécifique entre le bas et le haut d'un espace, côté fenêtre ou côté porte et milieu d'habitacle, etc.

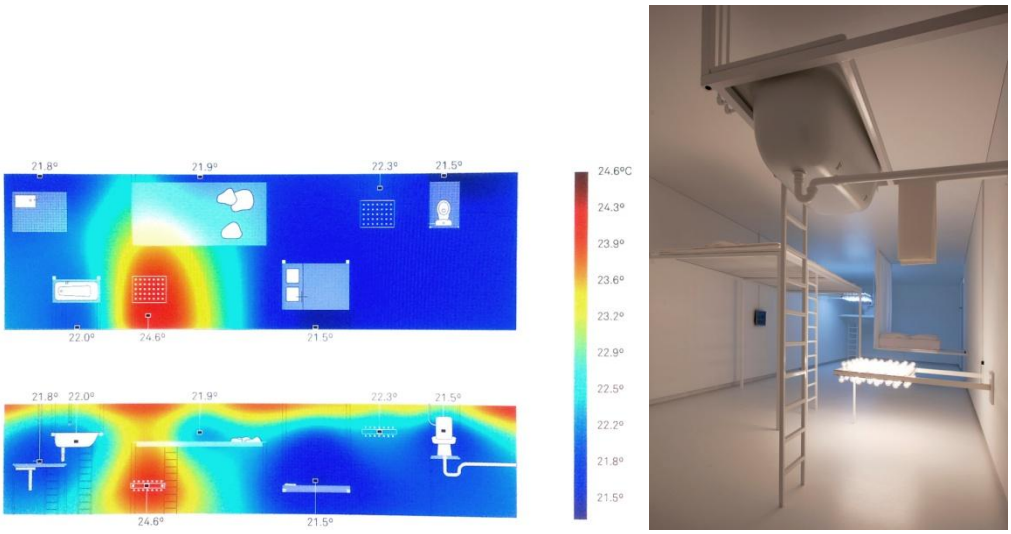


Fig. 35 Projet « Domestic astronomy » de Philippe Rahm
Exposition "Green Architecture for the Future" à Humlebæk, Danemark, 2009
Source : http://www.philipperahm.com/data/projects/domesticastronomy/index-f.html#

[90] Les normes SIA (l'acronyme pour Société suisse des Ingénieurs et des Architectes) préconisent de chauffer les toilettes à 15 °C, la chambre à coucher à 16°C, la cuisine à 18°C, le séjour à 20°C, la salle de bain à 22°C. indiqué dans l'ouvrage.

Dans ce cadre, une tendance à passer de l'uniforme vers le multiformes semble se dessiner. C'est-à-dire qu'au lieu de concevoir des espaces publics identiques, nous pouvons imaginer de les rendre plus « interactifs », favorisant une véritable cohésion avec l'environnement et stimulant les échanges avec les usagers. Nous pouvons imaginer une situation dans laquelle en hiver, une installation de dispositifs susciterait l'intérêt des voyageurs pour se déplacer volontairement en attendant son transport. L'objectif de cette activité serait de produire de la chaleur dans leurs corps et amener de la convivialité. Ici, le travail des designers serait alors de créer le mouvement des voyageurs pour parvenir à une nouvelle façon de climatiser.

Activité	Chaleur totale dégagée par personne [W]
Activité statique assise, telle que lecture ou écriture	120
Très légère activité physique, assise ou debout	150
Légère activité physique	190
Activité physique d'intensité moyenne à forte	plus de 270

Fig. 36 Chaleur dégagée par le corps humain en fonction du degré d'activité exercé
Source : KLENIN Oliver, SCHKENGER (2009) , p.17

L'idée de diversifier les formes, qui va à l'encontre de la distribution en masse qui impose un style identique, peut influencer les gens pour créer leur propre expérience et leur propre culture et identité. Aujourd'hui, « *l'espace public, celui dont parle Habermas, est un espace de visibilité, de communication, d'échange symbolique, de circulation des identités et des informations.* »[91]

Concernant la forme du rapport de l'individu à l'espace, Gaston Bachelard définit la maison comme un « *instrument d'analyse pour l'âme humaine* »[92]. Pour lui, l'individu n'occupe pas l'espace, mais c'est l'espace qui identifie un individu. A ce sujet, Bachelard exprime que l'identité est influencée par l'espace. « *Je suis l'espace où je*

[91] LAMIZET, Bernard, *L'espace public et l'intime secret et transparence*, in Le Monde.fr, Source : http://www.lemonde.fr/idees/article/2010/03/27/l-espace-public-et-l-intime-secret-et-transparence-par-bernard-lamizet_1324889_3232.html, consulté le 19 avril 2013

[92] BACHELARD, *Gaston, La Poétique de l'espace*, Paris, PUF, 2004, p.19

suis »[93].

Dans notre réflexion, le confort n'est pas offert par des objets bien définis (comme la climatisation traditionnelle, le fauteuil confortable, etc.). Une nouvelle forme de confort émerge privilégiant l'interaction avec les voyageurs.

[93] BACHELARD, *Gaston*, *La Poétique de l'espace*, *op.cit.*, p.131

Conclusion

A travers ces deux axes, nous avons tenté d'élargir notre champ de climatisation pour rechercher de nouvelles fonctions et redéfinir de nouvelles formes. Les designers d'aujourd'hui doivent nécessairement revoir la définition historique du confort thermique en produisant une traduction adéquate à l'évolution de l'homme et de son environnement. Ainsi, la modernisation de la climatisation consiste à aider l'homme à s'adapter et à protéger la nature. Aussi, il faudra réorienter les dispositifs de façon à les rendre compatible avec l'esprit de mobilité et à permettre à l'usager de devenir un véritable acteur pour garantir son bien-être et son évolution naturelle.

Enfin, les sensations exprimées par l'homme sont probablement l'une des clés des nouvelles formes de la climatisation d'avenir. En effet, il est important de saisir l'opportunité de prendre en compte toutes les dimensions physiologiques de l'homme que la nature lui a confiées et de créer l'interactivité avec les individus pour sortir du modèle de grande échelle.

Chapitre 5.
Mise en situation :
Design de climatisation soutenable dans les stations de métro

Le transport en commun du futur devra naturellement continuer à satisfaire les besoins de confort en mobilité. Dans le cadre du développement des transports en commun, climatiser en optimisant l'approche par rapport au contexte et aux conditions est devenu une exigence essentielle voire indispensable. Cette façon de concevoir pourrait même incarner le caractère de la ville en tant qu'espace public dans lequel les usagers se fonderaient naturellement.

L'intervention des architectes et des designers peuvent aider les citadins à refaçonner leur propre environnement de transport en commun.

Le voyageur, qui affronte la foule, la promiscuité, a tendance à s'enfermer dans une sorte de bulle. Cependant grâce à la qualité architecturale, le design, les interventions artistiques et les événements végétaux, par exemple, pourraient toucher les sensations des utilisateurs afin d'améliorer leur confort thermique pendant leur trajet.

Nous présentons un concept en ajoutant la notion d' « Eco-tech » tout en visant d'apporter le confort thermique à travers les multiples sensations des voyageurs où chaque individu est invité à acquérir son confort au sens le plus proche de sa propre condition.

Les nouvelles fonctions et les nouvelles formes de climatisation seront mises à disposition par plusieurs méthodes : les modifications du décor à travers les couleurs des lumières, les matériaux des sièges, les nouvelles technologies comme les écrans tactiles, etc. Enfin, toutes les voies créatives sont reprises pour créer une ambiance climatique confortable dans les espaces de transport en commun en se basant sur la diversité et la nouveauté.

Dans ce contexte, nous vous présentons quelques mises en application possibles, qui pourraient imager les grands principes abordés au cours de ce mémoire. Il s'agit davantage d'ouvrir les recherches effectuées vers des situations concrètes.

L'espace transition

En été, avant de prendre le transport en commun, si l'usager marche activement ou court, sa température augmentera et deviendra davantage en sueur que les autres passagers lorsqu'il pénétrera dans le métro. Comme la chaleur ressentie est assez subjective, évidemment il se sentira moins confortable car aura plus chaud, dans un espace où la température moyenne de 25 degrés n'est pourtant pas si chaude qu'il l'imagine.

Un des éléments de notre concept d'aménagement dans le métro permettrait d'adapter la température ou l'humidité de chaque personne avant d'emprunter un transport afin qu'il s'adapte plus facilement à l'environnement moyen pendant son trajet. En effet, si nous avons moins d'humidité sur notre corps, nous avons une sensation moins désagréable en été ou en hiver. Nous pouvons imaginer que 40 degrés en plein désert est plus supportable que 40 degrés dans la forêt tropicale. Ainsi si plusieurs personnes restent dans un espace fermé et étroit, l'air ambiant sera vite saturé à cause de l'humidité générée par l'ensemble des individus.
Donc, si nous parvenons à nous déshumidifier avant de pénétrer dans le métro ou le bus, nous pourrons nous adapter plus facilement à notre environnement. Cette neutralisation corporelle en traversant un espace de transition comme une forme de boîte ou un passage comme un sas ciblera les parties corporelles plus humides[94].
Il peut se situer entre deux espaces par exemple entre l'extérieur et l'entrée du métro, entre des longs couloirs comme ceux de châtelet ou de Montparnasse, etc.
Nous y installerons une technologie d'évaporation qui permettra de déshumidifier l'homme rapidement. Nous proposons de nous appuyer sur un système de moteur innovant référencé « Dyson Airblade[95] » chez Dyson.

[94] « Les parties corporelles qui ont plus de g*landes sudoripares* sont *les mains, les pieds*, 600, 350 et *puis le front et le visage 3000* », dans le rapport coréen, PARK Gihyun, Programmes des économies énergétiques dans plusieurs pays, Séoul, Korea energy economics institute, 2010

[95] Une nouvelle forme de sèche-main qui permet de sécher ou ventiler efficacement et plus écologiquement (la consommation d'énergie étant plus faible que les modèles précédents) en fabriquant un flux d'air très puissant. Ce système permet d'évaporer plus rapidement. (Par exemple, les mains séchées en 12 secondes)

Le système de ressources sera basé sur une énergie renouvelable comme l'énergie piézoélectricité ou l'énergie solaire que nous avons évoquée dans le chapitre précédent. Les passagers auront le choix d'utiliser ce système selon leurs propres conditions, et en sortant de cet espace de transition, ils pourront diminuer leur transpiration ou leur sueur.

La stimulation de l'action

En hiver, sur les quais des métros ou RER, nous pourrions installer des dispositifs ludiques qui appellent les voyageurs à réaliser des gestes activant leurs corps en attendant leur transport. La chaleur générée en interne les aidera à se chauffer spontanément, ce qui influencera le besoin de confort thermique dans les véhicules en réglant une température moindre. En effet, les usagers ressentiront moins le froid de part leur activité corporelle.

Le recyclage utile

Dans le métro, en hiver, il s'agirait d'installer des poignées métalliques haute conductivité qui seraient chauffées grâce à la récupération d'énergie, par exemple par le freinage. Ces objets apportent un contact « chaleureux » à travers les mains pendant un trajet.
Egalement, les dispositifs habituels comme la signalétique électronique, les distributeurs, qui exhalent la chaleur par leur moteur, seront transformés afin de pouvoir remplir à la fois la fonction originale mais également, par leurs nouvelles formes, générer de la chaleur vers l'individu, récupérée par le système organisé en circuit fermé.

Ces exemples seront présentés lors de la soutenance par l'intégration de visuels qui montreront le fonctionnement et la forme de ces dispositifs.

Conclusion générale

La tendance de ce dernier siècle a été d'éloigner l'homme de son environnement naturel en artificialisant au maximum les espaces. Ce phénomène a engendré le fait que ses échanges avec la nature se sont vus diminuer de façon catégorique et qu'il commence doucement à perdre la notion d'adaptation corporelle aux situations extrêmes en s'enfermant dans une « bulle » isolée et hermétique.
Au lieu de mettre en avant les propriétés « organiques » de son contexte environnemental et même de ces propres caractéristiques physiologiques, il s'est principalement appuyé sur la poussée technique pour atteindre son niveau de confort souhaité. Cependant, plus il en a obtenu, plus il souhaite en bénéficier davantage.
Ainsi, en ce qui concerne la climatisation dans les transports en commun, la technologie a déjà un impact négatif sur la nature en provoquant de la pollution et de la destruction écologique et cela pourrait s'aggraver si l'homme ne revoit pas ses exigences et la façon d'y répondre.
Il doit dorénavant alors s'adapter ou « s'aider » à s'adapter à travers la technologie qu'il crée. Ainsi, il doit passer davantage acteur et non plus receveur, ceci pour garantir la durabilité et même la soutenabilité de ses propres besoins.

De nos jours, les technologies et les types de fonctionnements de la climatisation développent de plus en plus leur efficacité. Cependant, le particularisme des espaces de transports (espaces ouverts, etc.) ne semble pas avoir été pris en considération dans les approches de design. Certains projets émergent cependant de nos jours mais ne sont pas généralisées et il reste encore de nombreux champs à explorer tels qu'une analyse approfondie des aspects biologiques de l'homme comme nous l'avons mis en exergue précédemment.

En outre, Philippe Rahm affirme son point de vue en tant qu'architecte en revendiquant

que les concepteurs doivent s'emparer avec enthousiasme des nouvelles données climatiques plutôt que de les subir comme des contraintes techniques supplémentaires : Climat, pression, dépression, température, humidité relative deviennent la matière même de l'architecture, les outils nouveaux du design architectural.

Ainsi, concevoir l'ambiance climatique à partir de tous les paramètres à la fois humain et environnementaux devrait être dorénavant une charge de conception très importante dans le cadre des transports en commun avant même de définir l'ensemble des formes et fonctions nécessaires aux différents espaces.

Victor Papanek, un designer austro-américain, met en avant sa position écologique en définissant le design comme un outil ayant le pouvoir de faire dialoguer les produits et l'environnement.[96]
Les designers ou les architectes ne doivent pas occulter la notion de « comment concevoir », en plus de « que concevoir ». Dans cette première notion, les enjeux sociaux, environnementaux et économiques doivent faire partie des préoccupations dans un projet de conception. Au-delà de son utilité, les créateurs doivent prévoir les paramètres globaux qui entourent son l'environnement en portant la responsabilité sociale et éthique.

En conséquence, la climatisation et le design soutenable montrent la nouvelle voie à prendre pour les nouveaux projets, en considérant l'impact environnemental et social et en mettant en valeur le « Comment ?» et pas uniquement le « Quoi ? ».

Evidemment, le design ne pourra pas être le seul « acteur » pour résoudre les problématiques actuelles, mais à travers les recherches dans ce domaine, nous pourrions prendre en compte l'importance du design qui a les moyens de construire de nouvelles formes adaptées aux enjeux déjà cités et ainsi lui donner davantage de responsabilités par rapport à la focalisation habituelle sur la technologie.

[96] Victor Papanek, *Design pour l'homme* (인간을 위한 디자인, traduction coréenne), Séoul, Editions Mijinsa, 1983, p.125

Références bibliographiques

Monographie

ABIDI, Abelhamid, FIALAIRE, Jacques, *Quelle gouvernance au service de la mobilité durable ?*, Paris, L'Harmattan, 2011, p.23

ALLEMAND, Sylvain, ASCHER, F, URRYRF, J, *Les sens du mouvement*, Belin, Paris, institut pour la ville en mouvement, 2004

AMAR, Georges, *Mobilités urbaines : éloge de la diversité et devoir d'invention*, Paris, Éditions de l'Aube, 2004

BARON, Denis, *Corps et artifices de Cronenberg à Zpira*, Paris, L'Harmattan, 2007

BACHELARD, Gaston, *L'Air et les Songes : essai sur l'imagination du mouvement*, Paris, José Corti 1943

BACHELARD, Gaston, *La Poétique de l'espace, Paris*, P.U.F. 2001

CLEMENT, Gilles, *Le jardin planétaire*, Albin Michel, 1999

CLEMENT, Gilles, RAHM, Philipe, *Environ(ne)ment : manières d'agir pour demain*, Milan(Italie), Skira, 2006

DELARGE, Alexandre, GAUDIN, Pierre, *Ville mobile*, Paris, Creaphis, 2003

DELORME, André, FLUCKIGER, M (dir.), *Perception et réalité : Une introduction à la psychologie des perceptions*, Bruxelles, De Boeck, 2003

DOUGIER, Henry, MAGANA, J et al., *Gares fabriques d'émotions*, Paris, Editions Autrement, 2011

GRILLET-AUBERT, Anne, GUTH, Sabine, *Déplacement (Architectures du transport : territoires en mutation)*, Paris, Editions Recherches/Ipraus, 2005

GRILLET-AUBERT, Anne, GUTH, Sabine, *Transport et architecture du territoire (recherche : état des lieux et perspectives)*, Paris, Editions Recherches/Ipraus, 2003

HUYGHE, Pierre-Damien, *Faire place*, Paris, Editions R-diffusion, 2009

HUYGHE, Pierre-Damien, *Modernes sans modernité*, Paris, Editions Lignes, 2009

HUYGHE, Pierre-Damien, *Commencer à deux : Propos sur l'architecture comme méthode*, Paris, Editions Mix, 2009

IM, Mantaek, *Architecture écologique*, Séoul, Editions Bomoondan, 2011

KLENIN Oliver, SCHKENGER, Jörg, *Basics Climatisation*, Birkhauser, Basel, Boston, Berlin, 2009

LE Corbusier, *Urbanisme*, Paris, Editions Flammarion, 1994

MANGIN, David, *La ville franchisée, formes et structures de la ville contemporaine*, Editions de la villette, Paris, 2004

MARGAIRAZ, Michel, *Histoire de la RATP*, Paris, Editions Albin Michel, 1989

MERLINO, Carine, *Le tramway parisien des Maréchaux sud*, Paris, Editions Jean-Michel Place, 2005

MERLIN, Pierre, *Transports et urbanisme en île de France*, Paris, la documentation française, 2012

Michael A, Humphreys, *Field study of thermal comfort compared and applied*, Department of the environment, Inst. Heat&Vent. Eng, 1975

PARK Gihyun, *Programmes des économies énergétiques dans plusieurs pays*, Séoul, Korea energy economics institute, 2010

PARK, Imoon, *La philosophe environnementale*, Séoul, Midasbooks, 2002

RIFKIN, Jeremy, *L'économie hydrogène : après la fin du pétrole, la nouvelle révolution économique*, s.i. La Découverte, 2002

RIFKIN, Jeremy, *L'entropie, Traduction coréenne par LEE Chanhee*, Séoul, Editions Séjon, 2000

RAHM, Philipe. *Architecture météorologique*, Paris, Archibooks, 2009

REIBER, Daniel, *Frank Lloyd Wright, Paris*, Editions Hasan, , 2008

SALOMON, Thierry, AUBERT, Claude, *Fraîcheur sans clim'*, Mens, Terre vivante, 2004

SENGES, Anne, Eco-tech. *Moteurs de la croissance verte en Californie et en France*, Paris, Autrement, 2009

SLESSOR, Catherine, *Eco-tech sustainable architecture and high technology*, Editions Thames & Hudson, 1997

THEBAUD, Philippe, *Dictionnaire des jardins et paysages*, Paris, Editions Jeanmichelpalce, 2007

TUMLIN, Jeffrey, *Sustainable transportation planning (tools for creating vibrant, healthy and resilient communities)*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2012

VERNIER, Jacques, *Les énergies renouvelables*, Paris, Puf, 1997, p.4

Yrjö Sepänmaa, *The beauty of environment*, Traduction coréenne par Kim Moonwan, Séoul, Singumoonwasa, 2000

Collections

Guide Gallimard, *la France des gares*, Paris, Editions Gallimard, p.193, p.247, 2000 (Coll : Encyclopédies thématiques du voyage)

Thèses et mémoires

RIACHI, Youssef, *Etude et simulation d'un système de climatisation pour bus de transports en commun conception et réalisation d'un démonstrateur*, Thèse de doctorat Energétique, Ecoles des Mines de Paris, novembre 2005

FAKHIM ESMAEILPOUR, Hamed, *Analyse de cycle de vie des systèmes de climatisation*, Mémoire de Mission professionnelle de fin d'études, Ecoles des Mines de Paris, 2007

PARK, Soonkyun, *A study on the passive principle and its practical application of air-conditionning system*, 한국건축시공학회, 2004

Nam, Suhyun, A study on the design methodology for eco-friendly product design, Mémoire de master, Université Changwon, 2008

Kang, Heejung, *A Study on the Space application planning based on ECO-TECH (Ecology+Technology) design*, Mémoire de master, Université Konkuk, 2005

Colloque et séminaire

Colloque « architectures du transport » organisé par I'ipraus
Territoires en mutation tenu les 3 et 4 mai 2004 à l'Arche de la Défense

Sites internet

www.ademe.fr
www.predit.prd.fr
www.ratp.fr/
www.gares-connexions.com

Liste des figures

Fig. 1 Organigramme éléments de confort 26
Fig. 2 Satisfaction de l'utilisation des modes de transport en 2000 26
Fig. 3 Projet « Jardin d'Hybert » par Philippe Rahm, Consulté le 10 mars 2013 30
Fig. 4 Facteurs intermédiaires pour confort thermique 38
Fig. 5 Influence de l'humidité relative de l'air sur la sensation de confort 43
Fig. 6 Ventilation pour le rame du metro, Consulté le 25 avril 2013 49
Fig. 7 Brasero à gare de Montparnasse de Paris 50
Fig. 8 Schéma de la climatisation actuelle dans les locaux techniques (métro) de la RATP..... 51
Fig. 9 Schéma de la climatisation actuelle dans les locaux techniques (métro) de la RATP..... 51
Fig. 10 Evacuation du vent froid au plafond dans le métro séoulites..... 53
Fig. 11 Eévacuation du vent chaud à travers des chaises dans les métros séoulites..... 53
Fig. 12 Climatisation non-réglable (à gauche) et réglable (à droite) dans le bus 54
Fig. 13 Chaise dans l'arrêt de bus avec chauffage électricité..... 55
Fig. 14 Arrêt du bus avec chauffage d'infrarouge..... 55
Fig. 15 Source d'énergie dans la consommation finale en France, 2010 59
Fig. 16 Production des énergies renouvelables hors bois et hydraulique, ... 60
Fig. 17 Energie solaire utilisée dans la station du métro de New York Coney lsland (Etat-Unis) 61
Fig. 18 Energie solaire utilisée dans la gare de Feidurg, (Allemagne, à gauche)..... 61
Fig. 19 Energie solaire utilisée pour le tunnel de Le thalys (entre Paris et Amsterdam, à droite) 61
Fig. 20 Energie thermique dans la gare de Liverpool South Parkway (Angleterre)..... 62
Fig. 21 Energie déchets de la nourriture pour les bio gaz bus séoulites (Corée du sud) 62
Fig. 22 Eénergie piézoélectricité dans le métro à Tokyo (Japon)..... 63
Fig. 23 Utilisation des énergies dans la gare de Saco (Etats-Unis) 63
Fig. 24 Installation de la glace dans le bus à Chongqing (Chine, à gauche) 65
Fig. 25 Installation des éventails dans le bus dans à la campagne (Corée du sud, à droite)..... 65
Fig. 26 les bébés dans les poucettes à l'extérieur, -15°C source, BBC 73
Fig. 27 un bébé dort à l'extérieur moins 10°C 73
Fig. 28 Les architectures lancées par Bouygues Immobiliers, Source 86
Fig. 29 L'évolutionisme humaine Schéma caricatural et scientifiquement 96
Fig. 30 Cartographie des parties du corps sensible au chaud (barres supérieures) et des parties du corps sensible au froid (barres inférieurs). Ces barres indiquent les seuils médians pour trois groupes d'âge (blanc : 65ans et plus, noir : 40-60ans, gris : 18-28 ans). 99
Fig. 31 Arrêt de bus à Amsterdam, publicité de chocolat chaud, l'utilisateur peut sentir la chaleur lorsqu'il positionne ses mains. 100
Fig. 32 A Stockholm, arrêt de bus, chaleur transférée dans les mains 100
Fig. 33 Projet Malimö, Suède 2010 102
Fig. 34 Dispositifs électriques existants dans le métro 102
Fig. 35 Projet « Domestic astronomy » de Philippe Rahm 104
Fig. 36 Chaleur dégagée par le corps humain en fonction du degré d'activité exercé..... 105

Liste des tableaux

Tableau 2 Normes de réglages des températures.....82

Annexes

Annexes 1 : Interview téléphonique avec Laurent GAGNEPIN
(Responsable d'étude dans le service transport et mobilité à l'ADEME), le 27 mars 2013

Question :

1/ présentation de l'ADEME

Quel est le rôle de l'ADEME dans les projets de climatisation au sein des transports en commun (bus, train, avion etc.) ?
Quelle cadre a été créé cette étude « Etude de la climatisation d'autobus RATP 2008 » ?
Quel est votre niveau d'intervention dans ce type de projet ?
Quel autre sujet avez-vous abordé depuis ?

2/ conception

Quel est votre définition de la climatisation appliquée aux transports en commun ?
Quelle est la priorité de la RATP par rapport à la climatisation ?
Comment la climatisation est intégrée dans les projets RATP ou SNCF ?
Le projet de la climatisation intègre de façon importante ?
D'après vous, la RATP souhaite-t-elle que l'homme s'adapter à l'air ambiant ?
Je pense qu'il y a certains pays qui créent l'environnement artificiel plutôt pour s'adapter à l'homme, mais en France ce n'est pas ce cas là ?
La RATP fait-elle appel à des designers ou des architectes sur le sujet de la climatisation ?

3/ L'état actuel, et technique

Quelle forme de climatisation existe-t-il dans les transports en commun ?
Quels matériaux sont utilisés ?
Quelles techniques principales sont utilisées ?

Quelles énergies sont utilisées aujourd'hui pour la climatisation ?
Quelle sorte de modernisation est prévue ?
Quelles énergies seront celle de demain ? (frigorigène… ?)
(Les recherches sont en cours ? sur l'énergie renouvelable comme d'autre pays Allemagne ?)
L'opinion sur la ventilation adiabatique ?

Transcription d'interview

Index : Texte – Laurent Gagnepain /Texte- Hyunju PARK

Quel rôle ?
L'ADEME intervient en tant que financeur, on apporte une subvention ou une aide financière, notamment à des projets de recherche, donc c'est dans ce cadre là qu'on a pu être amené à intervenir sur ce sujet. Classiquement, on rédige des appels à projet dans lesquels on spécifie que l'on veut des sujets qui portent sur telle ou telle thématique. La climatisation fait partie des thématiques que l'on a financées par le passé et qu'on continue à financer. Donc, notre rôle est à la fois d'expertiser les projets et ensuite de retenir les projets qui nous semblent les plus pertinents et de leur apporter une aide financière et de suivre après le déroulement de ces projets.

Dans les transports en général ?
Les plupart des travaux que l'on a pu financer, c'était plutôt pour la climatisation dans les voitures individuelles, par contre, on a financé également quelques travaux pour les transports en commun et plus particulièrement pour les bus.

C'était une étude en 2008 ?
Oui, les études réalisées avec la RATP et l'école des Mine de Paris portaient sur ce sujet. Pourquoi on a choisi de travailler sur ce sujet ? Parce qu'il y a une demande assez forte à la fois des usagers, de ceux qui prennent le bus, et puis également de ceux qui s'occupent des transports en commun dans les villes. Il faut donc faire en sorte que les bus soient agréables, donc l'idée est d'apporter du confort thermique, de faire en sorte que dans le bus les gens soient dans une situation agréable, donc la solution c'est entre autres de climatiser les bus.
Mais le problème, ce qui est classiquement utilisé dans les bus, ce ne sont pas des systèmes qui ont été développés spécifiquement pour l'application des autobus.
Ce sont des systèmes qui en règle générale, ont été développés pour les autocars.
La différence entre un autobus et un autocar, les autocars sont ceux qui font les trajets d'une ville à une autre, ce n'est pas un bus urbain qu'on appelle autobus, qui circule uniquement en ville. A la différence des autocars, qui notamment servent souvent pour le tourisme, pour transporter les gens vers les lieux touristiques et qui servent également de liaison entre des villes. Ils ont des trajets très particuliers, ce sont souvent des véhicules qui roulent soit sur route soit sur autoroute, qui roulent très peu en ville. Et puis surtout ce sont des véhicules pour lequel le cahier des charges de climatisation n'est pas du tout le même.
Parce que dans un autobus, il roule déjà à petite vitesse et en plus, il s'arrête tous les 300 ou 500 mètres et il ouvre les portes. Ce qui fait que sans cesse il y a un afflux de chaleur qui vient de l'extérieur et il y a aussi beaucoup de mouvements de personnes qui vont de l'intérieur vers l'extérieur, donc ça déplace aussi des masses d'air chaud et des masses d'air froid. Et puis, il y a aussi toute la problématique de circulation de l'air à l'intérieur des autobus qui est complètement différente de celle que l'on a dans un autocar, parce que dans un autocar, tous les gens sont assis, à un emplacement bien précis, comme dans un train, et donc on peut apporter l'air frais directement sur la personne. Chaque personne a un diffuseur au-dessus de sa tête, et puis il ouvre ou pas le diffuseur, il peut vraiment le régler s'il le veut pour avoir plus ou moins d'air sur lui. Dans un autobus, ce n'est pas du tout le cas, les gens rentrent dans le bus, et ils n'interviennent pas sur le système de

climatisation et malgré tout il faut qu'il y ait un bon brassage d'air pour que la température soit suffisamment homogène à l'intérieur du bus.
Donc ce qu'il se passe, c'est un réel souci en fait d'avoir un système de climatisation optimisé pour les autobus et donc c'est pour cela qu'on a financé un certain nombre de travaux. Ils ont porté sur plusieurs sujets, à la fois vraiment sur le groupe de climatisation, donc celui qui produit le froid, pour faire en sorte qu'on produise le froid de la façon plus économe possible et puis pour limiter aussi le circuit et la quantité de liquide frigorigène qui circule dans les autobus parce que actuellement le groupe froid, le compresseur est entrainé par le moteur du véhicule et la boucle de clim part donc du compartiment du moteur et circule dans tous les bus.
Donc, quand vous avez un bus qui fait 12m ou 15m, ou 20m pour les bus articulés, ça fait une longueur de tuyau énorme dans laquelle circule du fluide frigorigène, donc il y a un risque de fuite importante, et du coup ça coute très cher en maintenance, pour ceux qui s'occupent de l'entretien des autobus.
Pour le propriétaire des bus, ça leur coûte très cher ce système de climatisation Parce que d'une part comme il y a des fuites, il faut qu'ils rechargent en fluide frigorigène quasiment tous les ans. Et en plus maintenant c'est réglementé, donc ils sont obligés de faire des contrôles, d'étanchéité tous les ans. Le groupe de clim entraine une surconsommation de carburant importante et les gens dans le bus ne sont pas non plus forcément très satisfait de la température d'air à l'intérieur. Parce qu'en règle général, la diffusion de l'air n'est pas très bien faite ce qu'il fait qu'à certains endroits les gens reçoivent l'air froid directement sur la tête et ils trouvent donc qu'il fait froid, et les personnes à côté ne reçoivent rien et disent qu'il fait trop chaud. Donc l'autre volet qu'on a aussi financé, c'était de travailler aussi sur la diffusion de l'air. Donc les travaux, ils ont porté à la fois sur l'optimisation de la production du froid, et puis sur la diffusion de l'air à l'intérieur de bus.

Jusqu'à maintenant, on parle surtout de la climatisation dans le sens où on rafraichit l'air, mais est-ce que la définition de la climatisation pour vous est aussi de climatiser l'air ambiant même en hiver, pour le rendre plus chaud aussi ?
Bien sûr. A la différence du bâtiment, en gros, pour faire du chaud dans les véhicules, en tout cas pour les véhicules qui sont équipés d'un moteur thermique, moteur essence ou moteur diesel, en fait il y a une source de chaleur qui est gratuite qui est en fait la chaleur qui a été réinjectée dans l'habitacle des véhicules qui provient directement de l'eau de refroidissement des moteurs.
Une partie de l'eau de refroidissement moteur, au lieu de dissiper les calories vers le radiateur de refroidissement moteur, en fait elle est envoyée vers un échangeur, un aérotherme qui lui diffuse l'air chaud vers l'habitacle.
Dans le domaine de transport, c'est vrai que la problématique de climatisation du sens large, elle est plus importante pour faire du froid, car il y a un système supplémentaire ajouté, qui est un compresseur de clim, alors que pour le chaud, on récupère l'énergie perdue, que l'on diffuse, ensuite à l'intérieur de l'habitacle.

C'est une sorte d'énergie renouvelable, finalement ?
C'est ça, en fait une cogénération. Parce qu'on récupère cette chaleur diffusée dans le circuit d'eau chaude. On a un circuit d'eau chaude, qui est le circuit de refroidissement du moteur et il y a une dérivation qui est faite vers l'habitacle.
Vous retrouvez ça à la fois pour les voitures, les camions, et les autobus.

Finalement le système de chauffage est beaucoup moins cher que la climatisation ?
Bien sûr. Ça coûte beaucoup moins cher. Mais malgré tout, c'est quelque chose qui est en train d'évaluer, parce qu'il y a de plus en plus de véhicule hybride, donc on augmente l'électrification de la chaine de traction, et finalement on fait fonctionner moins souvent le

moteur thermique (essence ou diesel), ce qui fait que la production de la chaleur devient moins importante. On retrouve même ce problème sur des moteurs diesel les plus performants. Comme on a amélioré leur rendement, en fait ils ont moins de perte de chaleur : c'est ce qui fait qu'on produit moins de chaleur pour aller chauffer l'habitacle. Donc les constructeurs, on été obligé de rajouter des systèmes supplémentaire pour compenser ces pertes de chaleur.
Souvent ce sont des résistances électriques qui sont rajoutés sur le circuit d'eau. On a toujours ce circuit d'eau qui va vers l'habitacle, pré-chauffé par le moteur, mais comme il n'est pas suffisamment chaud, très souvent sous des conditions où il fait très froid dehors ou par exemple lorsque vous êtes dans la phase de démarrage du véhicule où le moteur n'est pas encore bien chaud, il y a ce qu'on appelle des 'CTP', des résistances électriques plongées dans le circuit d'eau, qui viennent chauffer l'eau, donc ça consomme un peu plus d'énergie. C'est un système additionnelle, pour des véhicules qui sont 100 % thermique ou hybride et dès que vous passez au véhicule électrique, 100 % électrique, là vous n'avez plus du tout la source de chaleur. Là, c'est même plus d'énergivore, en fait cela vient encore pomper plus énergie sur la batterie de chauffer l'habitacle que de le refroidir.
En fait, on s'est aperçu que sur un véhicule 100% électrique, l'autonomie du véhicule diminuait encore plus fortement l'hiver que l'été. Parce que le besoin d'énergie que l'on vient puiser dans la batterie pour apporter de la chaleur dans l'habitacle est plus important que le besoin d'énergie qu'on vient prendre dans la batterie pour faire du froid en période estivale.
Donc, en tout cas, sur un véhicule électrique, il y a vraiment un double besoin d'énergie, à la fois pour faire du chaud lorsqu'il fait froid, et puis de produire de l'air frais pour l'été.
C'est le sujet aussi sur lequel on a en cours pas mal d'études (Hors transport en commun).

Traitez-vous d'autres types de transport?
Au niveau de l'ADEME, les avions ne font pas partie de notre champ d'investigation. L'aéronautique, ce n'est pas un champ d'études pour l'ADEME. Cela ne fait pas partie de nos missions, donc on ne traite pas tout ce qui est aéronautique.

Et en ce qui concerne le train, les métros, ou autre ?
On a financé un sujet de climatisation dans le domaine du ferroviaire, avec l'école de Mine de Paris, on a essayé de reproduire ce qu'on avait fait pour le bus, pour une application train, c'était un contrat avec ALSTOM.
L'idée étant la même, en fait, le train, c'est un peu comme le bus, un véhicule qui est très long. Actuellement il y a des quantités très importantes de fluide frigorigène à travers de très longues canalisations qui circulent dans le train. L'idée était d'avoir une boucle beaucoup plus petite, et puis d'avoir une boucle secondaire comme on a travaillé pour le bus.
On a alors un groupe de clim très compacte, et on rajoute un échangeur intermédiaire qui sert à produire un circuit d'eau froide. On fait circuler non plus du fluide frigorigène dans tout l'habitacle du véhicule, mais on fait circuler de l'eau froide qui est produite par le groupe de clim.
On retrouve ce genre de chose dans l'habitat. Dans l'habitat, on a des groupes de clim stationnaires, qui produisent du froid localement et donc, derrière on produit de l'eau froide qu'on fait circuler dans les pièces que l'on veut refroidir.
Donc, on appelle cela un système indirect, parce qu'on a un échangeur supplémentaire. On n'est pas en boucle directe où on fait passer l'air à travers l'évaporateur et on récupère de l'air froid, à travers cet évaporateur. Là, nous sommes dans le cas d'un échangeur réfrigérant eau.

Qui est-ce qui vous donne le financement pour l'étude chaque fois ? Qui est le sponsor ?

En règle générale, on fait des appels à projets, en fait on sollicite la communauté scientifique et industrielle. L'ADEME pousse vers les professionnels.
Mais comme on connaît aussi assez bien les acteurs, dans les différents domaines qu'on peut financer, ces acteurs là industriels ou scientifiques, viennent aussi nous proposer des projets, et puis on peut retravailler avec eux leur demande, et puis, on finalise un projet de recherche que l'on va financer, ce qu'on appelle de gré à gré, sans attendre d'avoir un appel à projets spécifiques et qu'on reçoivent plusieurs demandes.

Les études sur les trains ou métro sont-elles moins intéressantes ?
En fait le domaine de la climatisation est un tout petit domaine de financement de l'ADEME au niveau de transport.
Et après on a toujours eu à faire des choix, et pour le moment, on a plutôt concentré le moyen sur le bus, parce qu'il nous semblait que c'était là qu'il y avait le potentiel le plus important à gagner.
Parce qu'on était arrivé dans une situation où les exploitants de bus, lorsqu'ils passaient des commandes pour renouveler leur parc de bus, ils abandonnaient l'idée d'avoir des bus climatisés, parce que ça leur coûtait trop cher. Car ils étaient tellement peu efficace, ils avaient une surconsommation de carburant importante et puis il y avait la problématique du réfrigérant qui fallait remplacer, il y a des contrôles a faire des fuites. Tout ça fait en sorte qu'actuellement les exploitants de bus, lorsqu'ils doivent faire le choix d'un achat avec ou sans climatisation, ils se posent vraiment la question.
Alors que pour nous, certes d'un point vue environnemental, ça pose quand même un petit souci de rajouter de la climatisation dans un autobus, parce que, en effet le bus va surconsommer un petit peu plus que s'il n'y a pas de clim, mais il faut aussi regarder d'un autre point vue, c'est-à-dire que si le bus est plus confortable, il y aura plus de gens qui vont aller prendre le bus, aet lors, il y en aura moins qui utiliseront leur voitures ou d'autres types de déplacement.
Donc l'idée est qu'on privilège le fait d'inciter les gens à rentrer dans le bus même si le bus va surconsommer un peu plus.

Après pour les trains, métro et tramways, la source d'énergie est déjà électrique. Donc elle est « un peu plus propre » que ce qu'on peut avoir en gasoil.
Mais sur l'aspect surconsommation, cela se voit moins de toute façon, parce que la consommation d'énergie d'un train et d'un tramway est quand même assez importante, comparativement à celle dont on a besoin pour le groupe de clim.
Et après l'autre élément, c'est qu'on a moins de fuite sur ce type de clim, parce qu'on est avec un compresseur électrique. Comme on est avec une chaine de traction électrique, le compresseur, lui est également électrique. Donc vous êtes dans un système qui est beaucoup plus étanche que les compresseurs qui sont utilisés dans les voitures ou les bus ou les camions, parce que le mode d'entrainement est différent et les compresseurs électriques sont beaucoup plus étanches, ils sont hermétiques, car c'est la même chose qu'un compresseur ou un frigo où ce genre de chose. Donc c'est beaucoup plus hermétique, et il y a déjà beaucoup moins de fuites.
Alors tout ce qui est compresseur mécanique à entrainement par courroie, de part sa construction, il y a un joint tournant qui fait l'étanchéité, mais qui peut poser problème et les fuites les plus importantes sont très souvent au niveau du compresseur.

Donc, voilà, d'une part, dans le train, et le tram c'est électrifié, la surconsommation de la clim, par rapport la consommation d'énergie du véhicule en tant que tel, elle est moins importante, et puis on a est avec des compresseurs étanches, donc déjà on a moins de problématique de fuite de fluide frigorigène.
C'est la raison pour lesquelles on n'a pas non plus fait beaucoup de sujets là-dessus.

Quelle est votre définition de la climatisation appliquée aux transports en commun ? En comparant les transports entre la Corée et la France, je trouve qu'il y a des différences d'utilisation en terme de mécanismes.
Je pense qu'il y a une différence de climats entre les deux pays, à Séoul, je pense qu'il y a beaucoup plus de chaleur étouffante, beaucoup plus d'humidité relative, en été, notamment. Et même si on compare, l'Europe aux Etat Unis, c'est pareil. En fait le climat, aux Etats-Unis est plus extrême, ce qui fait qu'en été, déjà, tout ce qui est véhicule ou même l'habitat sont beaucoup plus climatisé aux Etats-Unis qu'en Europe. Parce que le climat n'est pas du tout le même. Et pour ce qui est notamment du transport, les gens, les décideurs, on considéré pendant très longtemps, finalement qu'il n'y avait pas besoin de climatiser les véhicules, parce qu'ils n'allaient pas investir pour un système de climatisation qui finalement n'allait servir qu'un mois dans l'année.

Finalement l'Etat incite les gens à s'adapter au climat ? et à plus se couvrir ou moins se couvrir dans l'année ?
Très clairement oui. Surtout pour l'hiver, oui.
En hiver, c'est assez simple de combattre le froid en tout cas dans les transports en commun. Pour ce qui est de l'été, quand même, ça a ses limites. Quand il y a des périodes caniculaires, on reste pendant quelques jours à plus de 30°C, c'est sur que c'est appréciable d'avoir des véhicules de transport en commun climatisés.
Surtout ce qu'il se passe, comme maintenant la tendance est à climatiser les véhicules, les gens, quand ils ont goûté au confort, ensuite ils refusent d'aller dans un véhicule qui n'en ait pas. On est quand même rentré dans un schéma maintenant qui fait que la demande est quand même forte de la part des utilisateurs, que l'été, les véhicules soient climatisés.
Et notamment, en région parisienne, où la densité, la quantité de personne dans les transports en commun est quand même très forte, il y a quand même beaucoup de monde l'été, et même l'hiver.
L'été est encore plus désagréable, parce que non seulement il fait chaud, et en plus c'est très étouffant car il y a beaucoup de monde dans les véhicules, et donc là, il y a vraiment de grosses critiques qui sont fait, notamment, au niveau d'île de France, que ce soit pour la SNCF, ou pour le RATP, les rames de RER, les rames de train, ou de métro, ne soit pas suffisamment climatisées, parce que l'été c'est vraiment insupportable.
Donc il y a quand même une demande d'aller vers plus de climatisation. En tout cas, pour tout ce qui est du mode ferré, il y a une tendance forte. Et on le voit dans les renouvellements, c'est quasi, climatisé à 100%. On ne peut pas imaginer actuellement, en France, quelque soit, le lieu d'implantation, que ce soit au nord, à Lille ou à Marseille, la ligne de tram, elle est forcément climatisée. Métro pareil.
Tout ce qui est matériel neuf maintenant est climatisé.
Sur Paris, les rames, lorsqu'elles sont remplacées, sont climatisées.
Donc, c'est systématique, dans les matériels ferrés.

Dans la conception des transports en commun, ou des rames du métro, est-ce que la climatisation est intégrée dans le projet ou est-ce quelque chose qui est réfléchit à part du concept ?
Je vais vous donner la vision que j'ai, qui n'est pas celle d'un industriel. C'est la vision que j'ai quand je vois les gens avec qui on a pu travaillent ensemble sur ce type de sujet, notamment avec ALSTOM.
En fait, ils prévoient dès le début que les véhicules soient climatisés.
Donc au niveau de la conception, c'est bien prévu.
Mais par contre, il faut que cette fonction là, coûte le moins cher possible, donc il ne vont pas chercher à optimiser son efficacité, il vont chercher à optimiser son coût. Très

clairement, c'est ça.
Et même, parfois il y a des choses qui sont assez étonnantes, je connais plus particulièrement le domaine de l'automobile pour y avoir travaillé, et je sais comment les économies d'échelle sont faites sur des composants.
En fait dans automobile, on cherche à produire, beaucoup de composants, pour faire baisser les coûts.
Même avec des technologies très poussées, l'idée est de les produire en masse pour baisser les coûts. Et donc notamment pour tout ce qui est échangeur, l'industrie automobile a développé des échangeurs super performants, en aluminium, ou autre, et qui sont produits à très bas coût. Mais je suis quand même étonné de voir que ces échangeur là ne sont pas repris par le monde du bus, par le monde du ferroviaire, pour les installer sur leur système de climatisation.

Dans le ferroviaire, les échangeurs, sont en cuivre, le cuivre, pourtant, ça coûte très cher.
Mais parce qu'historiquement, ils ont ça, ou parce que pour X raisons, ce sujet là, n'est pas encore remis en cause.

Le changement est peut être encore plus compliqué ?
Voilà, c'est ça ! Les gens qui conçoivent les clims savent qu'avec le cuivre ils ont leur modèle de conception qui fonctionne bien avec ces échangeurs là, et ils vont au plus simples.
Il cherche à réduire le coût plus que la fonction et ils optimisent aussi le cout de développement.
C'est à tous les niveaux.
Donc très clairement, ce n'est pas optimisé.

Ils se rendent compte que la climatisation est de plus en plus importante mais il ne veut pas payer ?
Derrière, ce n'est pas eux, qui la paie l'exploitation.
Si la clim surconsomme, quelque part ils s'en moquent, c'est l'exploitant qui va le payer derrière.
Mais ce n'est pas eux.

Finalement par les contraintes de l'Etat, ils vont adapter ?
Voila, la contrainte, ce ne sont même pas des contraintes nationales, on est plutôt sur des contraintes européennes.
La contrainte qui est arrivé sur les fluides frigorigènes, sur limiter les fuites de fluide frigorigène, ça a créé de la contrainte.
Clairement, ça a obligé quand même les gens qui exploitent des lignes ferroviaires ou de bus, de se poser la question : c'est vrai, maintenant, tous les ans, il faut que je fasse contrôler par des personne extérieures à mon entreprise et des experts reconnus dans le domaine, que si je veux racheter du fluide frigorigène, il me faut des autorisations, etc.

Ca va donc les pousser, au moment de leur futur achat, à se dire : Attention sur la clim, il faut que je sois vigilant, pour avoir un système qui en termes de fuite soit performant, etc.
Petit à petit, ça peut faire évoluer le cahier des charges de la demande, au niveau du véhicule, et indirectement sur les produits, proposés par les industriels.

Vous pensez qu'à la RATP ou la SNCF, ils pensent que ce sujet est un travail plutôt en tant qu'ingénieur ? pas en tant qu'architecte ou designer pour avoir une meilleure forme ou une meilleure efficacité ?
Très clairement, à ce niveau là, en tout cas au niveau d'un acheteur de véhicule, il voit la

clim comme une technologie, une technique. C'est plus au niveau des concepteurs, en fait des architectes véhicules, ou là, en effet, le plus gros travail à faire est sur la conception du dessin de la diffusion de l'air. En fait le gros travail qu'il y a, en termes d'architecture véhicule, pour des grands véhicules de transport en commun, c'est de travailler sur la diffusion de l'air. Là ça doit être conçu, intégré, au moment du dessin du véhicule, prévoir les canalisations, quel mode de diffusion, quelle orientation..
Ça, ca se voit depuis le départ. Ça c'est au moment du travail d'architecte véhicule.

Etat actuel ?
Dans le bus et dans le ferroviaire, on reste sur des boucles avec fluide frigorigène. Dans les deux cas, c'est exactement la même chose. C'est simplement l'entrainement du compresseur, qui est différent.
Quand vous avez un véhicule qui est électrique, train, bus, ou tram, là vous avez un compresseur qui est 100 % électrique. Et donc, il est hermétique, avec moins de fuites de fluide frigorigène.
Dans les bus, il y a un compresseur, qui est entrainé par une courroie, qui est reliée au moteur, qui fait avancer le véhicule. L'énergie d'entrainement du compresseur est produite par le moteur de traction, le moteur qui fait avancer le véhicule.
En plus ce mode de fonctionnement, en général, est très basique, ce qui fait qu'aussi pour des questions de coût, il n'y a pas d'optimisation dans la liaison entre le moteur du véhicule et le compresseur. Parce que comme c'est une liaison directe par courroie, le compresseur tourne toujours à la même vitesse. Du coup il ne s'adapte pas vraiment au besoin de froid qu'on demande, dans le véhicule. Ce n'est plus le cas dans les voitures, les compresseurs sont plus évolués en général. Il y a un pilotage, on peut piloter la cylindrée du compresseur, qui tourne toujours à une vitesse de rotation qui est liée à la vitesse de rotation du moteur, par contre, on peut faire varier la cylindrée du compresseur, donc on fait varier le débit de fluide frigorigène.
Donc on fait varier la production du froid comme ça, mais dans les bus, encore une fois, pour des raisons de coût, on met des compresseurs avec une cylindrée fixe, ce qui fait qu'en gros, ils produisent toujours la même quantité de froid. En fait on mélange l'ai froid avec de l'air chaud, pour avoir l'air à la température qu'on veut.
C'est un peu dommage, car finalement on produit trop de froid. Et après on réchauffe, pour l'avoir de l'air tiède.
C'est encore un élément qui fait que ce n'est pas optimisé. Ce n'est pas le cas de l'automobile, qui est beaucoup plus contrainte par la consommation de carburant.

En termes d'énergie, Y a t il des projets en cours pour évoluer dans les transports en commun ? Comme l'énergie renouvelable ? Par exemple technique adiabatique ?
Pour cette technique, on prend de l'air, ensuite, on l'humidifie, et l'eau contenue dans l'air quand elle s'évapore, en fait elle refroidit de l'air par dissipation de la chaleur latente. Après, l'air chaud est devenu un petit peu plus frais.
L'air est moins sec qu'avec un système de climatisation classique.
Quand on humidifie, on produit l'air plus frais. Ce type de système là, on est en train de l'évaluer pour plusieurs applications bus pour voir ce que cela peut apporter.
Mais, ce n'est pas plus à énergie renouvelable que la clim. Ça consomme moins d'énergie. C'est une solution alternative à la climatisation.
Les systèmes les plus efficaces ne sont pas ceux où l'air traverse un bac d'eau, il faut beaucoup d'énergie pour faire traverser l'air. Ce qui est plus efficace, c'est d'avoir un injecteur d'eau à gouttelette.
C'est un système qu'on peut retrouver par exemple, pour rafraichir l'atmosphère même à l'extérieur. Lorsque vous passez à la proximité d'un brumisateur d'eau, vous sentez un petit peu d'humidité. L'objet est aussi de rafraichir un local, et c'est la même sensation que

lorsque vous passez sous des végétaux ou sous des arbres où il y a de l'humidité qui est répartie par les plantes, par évaporation. En fait du fait qu'on est à l'ombre, vous avez un rafraichissement par ces évaporations d'air humide vers la plante.
C'est ce principe là. En fait l'idée est qu'on envoie de l'air, et l'injecteur d'eau humidifie l'air, ensuite, l'eau est rafraichie. Elle produit de l'air plus frais.
Il y a des applications actuellement pour des machines agricoles, plutôt dans les petites cabines, et donc, on est en train d'évaluer ça pour les différentes types de camions et sur des bus aussi.

L'énergie renouvelable n'est pas encore prévue finalement ?
Pour les panneaux solaires, c'est très faible, et le bus n'est pas plat.
L'orientation n'est pas compatible. Finalement le coût d'installation est beaucoup plus cher qu'on peut produire d'énergie.
Il faut plutôt essayer de limiter les sources de chaleur, notamment, en traitant les vitrages et en traitant les parois pour qu'elles soient bien isolées et qu'elles soient rafraichissantes.

Annexes 2 : Interview avec Christophe RUCKEBUSCH et Christine MOQUET (Maitrise d'ouvrage, Gare et Connexion SNCF, Département d'aménagement d'intérieur)
16 mai 2013, Gare & Connexion, 16, avenue d'Ivry, 75013 Paris

Questions :

1/ Présentation « gare et connexion »

Projets de développement et d'investissement des gares
contributeur important de la mobilité durable => quelle est la signification de la mobilité durable pour vous ? concrètement, comment cela se représente dans vos projets ?
En termes de confort des voyageurs, quels sont les axes de développement ?
Le confort thermique est-il une priorité ?

Comment votre entreprise oriente les solutions au besoin de confort thermique ?
Nous commençons à voir des solutions où la gare transforme la source de confort thermique (chaleur ou fraicheur) en un outil « relationnel » ou « ludique » ? Est-ce une stratégie d'avenir ?

Voici quelques questions un peu plus génériques :

Quel est votre rôle dans l'organisation ? De quel service dépendez-vous ?
Quelle est l'organisation de votre unité dans le cadre vos projets de design ?
Est-ce que chaque personne a dédié un domaine précis tel que le confort visuel, auditif, thermique, etc. ?

2/ Conception de la climatisation dans les transports en commun

Pouvez-vous me décrire des projets réalisés ou en cours sur la thématique confort thermique ? sinon, comment intégrez-vous la notion du confort thermique au sein de vous projets ?
Comment récupérez-vous le ressenti ou les besoins des voyageurs ?
Quel est le niveau d'interactivité avec les usagers ? y-a-t-il des moyens mis en place pour obtenir des informations en direct ?
Comment "la SNCF" est organisée face à la problématique de la climatisation (ou chauffage)? (Service de recherche, Service spécialisé en climatisation, ...)
Quelle est selon vous la définition de la climatisation appliquée aux transports en commun ?

3/ La situation actuelle et future

« les systèmes existants »

- Un l'état des lieux statistique de l'intégration dans le réseau des systèmes de climatisation, y compris le chauffage, la ventilation, la déshumidification, ou la purification de l'air dans les gares françaises (ou européennes)

« les projets de demain »
- Quelle est votre méthodologie pour améliorer le confort thermique ?
- Est-ce que vous vous appuyez principalement sur les nouvelles technologies et les ingénieurs ?
- La SNCF fait-elle appel à des designer ou des architectes pour améliorer le confort thermique ?
- Avez-vous des références d'autres pays ou d'autres villes en France qui sont plus pointus dans ce domaine ?
- Pour des nouvelles constructions des transports en commun, comment la climatisation est intégrée dans un projet de construction d'une station de métro, d'une rame de métro ?

Enfin, je souhaiterais connaître votre vision sur les sujets suivants :

- Quelle est la priorité de la SNCF par rapport à la climatisation ? Le confort de l'homme (Climatiser avec la technique)? ou bien la SNCF souhaite-t-elle privilégier le fait que l'homme doit s'adapter à l'air ambiant ?

- Quels sont les choix technologiques du futur liés à la climatisation ?
- Quelles énergies sont utilisées aujourd'hui pour la climatisation et quelles seront celles de demain ?
- Quelle est la place des énergies renouvelables dans la climatisation ?

Transcription d'interview

Index : Texte–Christophe RUCKEBUSCH / Texte- Hyunju PARK, /Texte- Christine MOQUET

- En France, les gens qui travaillent au sud, à l'est au nord, ils n'ont pas la même perception de confort thermique. Parce qu'à Marseille, le climat est beaucoup plus favorable qu'à Lille et à Strasbourg. Donc, ils n'appréhendent pas la notion de confort thermique de la même manière, simplement dans un même pays. C'est très individuel comme perception.

- selon le rapport statistique, même si, nous sommes dans un même lieu, chaque année, nous avons différentes perceptions du confort thermique, par rapport au changement des cultures, ou l'évolution des vêtements, et d'autres conditions différentes qui influencent le confort thermique.

-dans l'automobile, la voiture sophistiquée, je dirais, aujourd'hui, que nous avons chacun son réglage individuel de la climatisation. C'est-à-dire, qu'il peut avoir pour chacun des quatre côtés des personnes qui peuvent ajuster la quantité de froid qui arrive. Nous ne sommes pas obligés de subir un air froid moyen dans la voiture. Dans l'automobile, ça se fait beaucoup.
Dans les transports collectifs, je ne l'ai pas encore vu, en tout cas, par dans nos trains, en tous les cas.
-c'est-à-dire que ce n'est pas réglable en train ? Chaque individu ?
-En France, dans l'avion, oui, dans les trains, encore, les climatisations sont générales.
-Cela est automatiquement réglé ? avec la température et l'humidité définie ?
-oui, avec parfois, le problème d'ajustement de réglage entre froid et trop chaud, C'est le contrôleur qui a possibilité d'ajuster la climatisation, mais pour l'ensemble de la voiture, une voiture. C'est possible, mais on en est encore, comme dans le bus, à une climatisation de Masse !
-dans mon deuxième point de vue de la passivité vers l'activité, qu'en pensez vous ? Au lieu de tempérer l'ensemble de l'environnement, plutôt, les voyageurs devraient aller vers la climatisation pour trouver la bonne température ?
-ce que vous voulez dire, ce serait d'agir individuellement sur son confort thermique ? dans ce cadre, nous avons les braseros, le chauffage de point d'information flash sont dans le même concepts.
Mais cela existe juste pour la fonction de chauffage, mais pas sur le froid, la climatisation.
-en été, j'ai vu qu'il y a des brumisateurs ? ça fonctionne pour certain endroit ou dans tous les espaces ?
-oui, à Marseille, par exemple, à la gare de Paris gare de Lyon, également, dans le hall, il y a des brumisateurs. Ils ont fait une expérimentation dans le hall 1. Tout le monde se cassait la figure.
-parce que ça glissait ?
-oui, C'était individuel. C'était un test. Mais le sol était mouillé donc…
-il y a aussi les bulles suspendues à la charpente comme à Marseille, très haute, donc, ça brumise de la vapeur d'eau dans tous les espaces, mais on est dans le passif. Tous le monde suit.
-mais dans les trains, il y a uniquement le système de la climatisation traditionnelle ? pas d'autres façons ?
-non, ni dans les TGV, ni dans les trains régionaux, dans les trains d'île de France. Alors, la réponse, ça n'est pas toujours le climatisation, dans le TGV il y a toujours la climatisation, mais dans les trains régionaux, il y a d'autree façons, ce qu'on appelle la ventilation réfrigérée. Ce n'est pas tout à fait la clim (le sens général). Technologie qui est un petit peu

moins couteuse et moins contraignante que la climatisation. L'objectif est d'obtenir des différentiels extérieurs et intérieurs qui permettent d'améliorer le confort. L'idée, c'était pas de maintenir les rames toujours à 20 degrés, alors que dehors, il fait soit -10, soit 40, mais c'était au contraire de dire que la température extérieur, elle est comme ça, du coup l'intérieur suit. On ne cherchait pas toujours à 20 degrés. On cherchait simplement à faire en sorte que quand les voyageurs rentrent à l'intérieur, on a une sensation de différentiel avec l'extérieur, agréable. Surtout, dans les trains d'île de France et régionaux, les gens passent 30 mins quotidiennement, donc c'est un temps court, ils sont en l'occurrence l'hiver avec leu manteau épais, quand ils montent son train, pendant demie heure, ils n'enlèvent pas forcément leurs vêtements. Donc il ne faut pas non plus, que ça soit trop chaud non plus en hiver ou trop froid été. C'est comme ça, ça marche dans tous les cas.
-dans gare et connexion, votre département, quel est votre rôle?
-c'est le confort en général. Donc les mobiliers, les aménagements, les services, les signalétiques,
-Je m'occupe plutôt du confort d'attente, des salles d'attente, des mobiliers d'attente, les sièges, les bancs, les éclairages, le confort acoustique, le confort thermique.
-comme je vous en parlais dans mon email, le confort thermique, c'est un sujet pas facile, sur lequel nous avons moins avancé que dans les trains. Sur le thermique en gare. La gare n'est pas un espace clos, c'est un espace qui est ouvert sur l'extérieur, les trains rentrent et sortent par là, on peut créer au sein des gares des espaces clos qui permettent de mieux maitriser le confort thermique. Donc une gare peut avoir une salle d'attente sur le quai, dans un espace de cheminement, on l'appelle « l'attente diffuse » disséminée un peu partout. Le niveau de confort thermique est différent. Pas le même. Sur des gares du trafic banlieue, les gens attentent beaucoup sur le quai. Un train tous les 10 ou 15 mins. Ou parfois moins. Donc ça veut dire que pendant 10 mins, ils sont dehors sur le quai en plein vent s'il n'y a pas d'abri. Voilà, un type de confort thermique qui n'est pas le même que dans une salle d'attente au cœur de la gare.
-comment vous regroupez les interactions ou les opinons des voyageurs ?
-on a des enquêtes de clients qui sont tous les quatre mois.
-dans les grandes gares, trois fois par an, plus la gare est grande, plus les questionnaires y sont souvent. Dans les petites gares, on en fait une fois par an. C'est un outil de mesure pour la satisfaction des clients, on l'appelle le 'baromètre client' comme outil de mesure, dans cet outil de mesure, il y a la question sur le confort
-confort dans sa globalité, donc les questions c'est 'cet espace est confortable ?' il n'y a pas de distinction entre la température, l'acoustique, le design mobilier, la couleur des murs etc. On sait que ce n'est pas bon. On a été obligé de faire une enquête plus approfondie pour essayer de détecter quels sont les éléments vraiment importants pour les clients.
On a fait un enquête récemment, dans ces éléments là, dans les cinq plus importants effectivement le confort thermique. Oui c'est important.
-il y a d'autre élément, c'étaient quoi ?
-le nombre de sièges, la disponibilité dans les gares, (nous ne nous occupons pas des trains, seulement des gares).
-avoir un espace qui correspond à mon besoin. C'est-à-dire que si je suis plutôt professionnel, besoin de connexion d'internet, si je suis plutôt loisir, j'ai besoin de me reposer, si je suis plutôt famille, besoin des espaces pour laisser jouer les enfants. Ça, c'était le sujet remonté.
-ambiance agréable, traitement, avoir un environnement assez calme, sécurisé,
-en tant que voyageur, ce n'est pas facile de diviser, les éléments ?
-les sensations de confort sont très difficiles à maîtriser, enfin, toutes les sensations liées (regarder, écouter)…
-oui, exactement
-même dans un même espace, on pourrait avoir une sensation qui est simplement lié au

fait qu'il y a trop de monde. Dans une rame TGV qui est rempli à plein, on est un peu tous les un à côté les autres, certaines personnes auront la sensation d'être moins confortable que quand il y a moins de monde dans les rames. Parce qu'il n'apprécie pas forcément avoir quelqu'un à côté d'eux, ça, ça peut jouer aussi. Quand on pose la question sur le confort, ça ratisse trop large. C'est un champ énorme. Et donc, il y a toujours une sensation d'inconfort qui va l'emporter sur tout le reste.
Cet espace est bien, les sièges sont de belles couleurs, il est assez grand, il y a assez de place, mais il fait froid. Et alors ça devient tout un plat. C'est fini, juste, il fait froid. Ce n'est pas confortable.
-c'est vous qui centralisez tous les besoins de confort ? Ensuite, comment vous traitez ? Quelle est votre méthodologie ? par exemple, vous travaillez beaucoup avec les technologies (ingénieurs), les formes (architectes) ?
-ici, à Gare et connexion, il y a une filiale qui s'appelle AREP, les architectes, et les bureaux d'études, et les thermiciens. Donc, certaines gares sont contrôlées thermiquement. Par exemples, toutes les gares TGV du Rhone, sont HQ. Il y a aussi les acousticiens, etc.
Quand on fait une nouvelle gare, c'est en général qu'elle répond aux normes thermiquement contrôlées. Tous les espaces sont controlés. La notion confort est bien appréhendée dès la conception. On a des gares qui sont vraiment agréables. Toutes les nouvelles gares en fait. En Méditerranée : Valence, Avignon, Aix provence, sont des gares nouvelles, elles ont été traitées aussi, thermiquement.
-thermiquement, c'est-à-dire qu'il y a des ingénieurs qui installent de nouvelles technologies ?
Oui, c'est pour ça, même à Marseille, c'est pour ça, il y a un brumisateur, des calculs. A Montpellier, c'est une nouvelle gare, toute la structure du toit a été conçue pour à la fois économiser de l'énergie, l'été frais et chaud l'hiver. A Bellegarde aussi, toit végétalisé.
-c'est un toit qui accumule la chaleur, une double peau, on a fait même chose à Montpellier d'ailleurs.
-En termes d'énergie, vous avancez beaucoup ?
-j'en ai mis sur la gare de d'Achères en Ile de France, on a mit une membrane photovoltaillque, pour fournir de l'énergie pour le fonctionnement de la gare. Mais pour le coût d'investissement, il faut savoir ce qu'on veut faire. Est-ce qu'on veut faire un acte militant ou est-ce qu'on veut que ça soit rentable ? pour la rentablité, ce n'est pas rentable.
J'avais calculé une durée d'amortissement pour la membrane, qui a une durée de 20 ans. Quand on a fait le calcul d'amortissement, c'était 80 ans.
-oui, c'est vrai que l'installation est très coûteux, il y a des subventions d'Etat ?
-oui, nous avons l'aide d'Etat. Mais, ce n'est pas aussi rentable. C'est vrai qu'il y a peu de gare, où on a mit du photovoltaïque. Je pense qu'il faut plutôt voir aujourd'hui, la gare de BELLEGARE.
On est en train de finir à Montpeillier sur un principe de toiture, un type de membrane polyuréthane, c'est une double peau qui est une toiture, qui accumule le solaire en hiver, et qui a double fonction été et hiver (je ne maitrise pas exactement la fonction).
-une sort d'isolation ou récupération de chaleur ?
-il y a un effet, un ballon qui se gonfle, et se dégonfle. Bellegarde ça fonctionne comme ça, donc en hiver, c'est un effet de serre, donc ça chauffe la gare, et l'été, avec le dégonflement, et des ouvertures de trappes particulières, fait qu'on est plutôt dans une ventilation naturelle. On crée des courants d'air dans la gare pour faire en sorte qu'il fasse moins chaud dans la gare qu'à l'extérieur.
-mais comme ça fait du bruit quand il pleut, donc, on met des stores acoustiques à l'intérieur. Ça fait partie de l'architectural. Ca suit la forme de mumbraine.
-A part le panneau solaire, il y a d'autres énergies renouvelables comme la géothermie ?
-non, je ne crois pas. Dans les nouvelles gares récentes, il n'y en a pas… Dans les gares intéressantes d'un point de vue développement durable et maitrise thermique, c'est les

gares du TGV Rhin-Rhone, qui on été inaugurée en 2012. Besançon TGV et Bellefort TGV.
-Vous vous occupez de toutes les gares en France?
-Gare et Connextion, il y a 1000 employés. Notre rôle, nous contribuons plus particulièrement à l'aménagement intérieur de ces gares. C'était à dire que le confort, signalétique, l'agencement intérieur, toilette, consignes, les espaces qui sont aux services clients.
Après les équipes projets avec les architectes et les ingénieurs, les économistes, tous les métiers de bâtiment, ils conçoivent les enveloppes de projet dans lesquelles nous intervenons. Voilà, c'est un peu une complémentarité. Nous, on définit avec l'équipe projet, tous ce qui est agencement intérieur.
Alors, la grande partie de la conception est réalisée par les équipes de projets, que ça soit développement durable ou éco durable.. ? il y a plein de typologie de gares différentes qui sont propres au contexte dans lesquelles on va les construire, il y a une dimension extrêmement importante « inter-modalité». C'est-à-dire la connexion de la gare avec tous les modes de transport qui permettent au client d'arriver sur le pôle gare et puis de prendre un train : soit de venir prendre un train soit de descendre d'un train et d'avoir accès à des modes de transport qui leur permettre de continuer leur parcours. Ça peut être du tramway, du métro, du bus, ou après des transport plus individuel et local de la voiture, du taxi, du vélo. Tout ça, ça vient aménager la gare. Et plus l'architecte avec son équipe projet qui fait l'assemblage de tous ces éléments de programmes, y compris des notes concernant les services clients à l'intérieur de la gare, l'accessibilité handicapé. Pleine de chose, ça fait partir de la conception. Avec tout ça, ils réalisent ces gares neuves. Vraiment intéressant de voir les gares de Besançon et Belfort.
Champagne Ardenne TGV, c'est une gare plus modeste, petite gare, mais en termes de démarche architecturale c'est assez intéressant.
Mediterranée aussi, Aix Valence, Avignon
Sur l'aspect thermique Avignon est intéressant.
Avignon, c'est la gare qui a une forme de d'ogive qui se développe tout en longueur, un espèce de bâtiment qui se développe tout au long de la voie avec une partie plein sud, une partie plein nord.
La partie sud est constituée d'un grand mur, très peu de vitrage, lumière très faible. Pour protéger le soleil. Par contre la partie nord, qui est la partie quai, toute vitrée, donc on a une double face. Deux faces complètement dissymétrique, une quasiment complètement opaque, et l'autre complèteement vitrée.
C'est pour récupérer la chaleur ?
L'idée, c'est voilà, profiter de la chaleur, côté sud, par contre d'amener beaucoup de lumière dans la gare côté nord. Construit en 2001, on a commencé déjà à l'époque à injecter la notion de thermique naturelle.
Je ne sais pas si elle est climatisé, mais même temps côté Mistral ça rentre quand même.
Mais en fait il y a beaucoup de vent.
Donc dans cette idée, il faut analyser le site, par rapport au climat, on peut dire micro climat ?
Non, là bas, c'est le climat local. Le vent est sur un territoire assez large.
Les clients peuvent attendre en étant à l'intérieur du bâtiment à l'abri mais la zone d'attente se développe quasi sur toute la longueur du quai. L'abri est a peu près en face du train où on va monter. Ça est un concept intéressant d'un point de vue du confort, parce qu'on peut faire le choix se mettre dehors sur le quai, mais aussi on peut attendre à l'intérieur s'il pleut, s'il fait froid, s'il y a du vent. Parce qu'à chaque fois il y a des des portes automatiques qui permettre de sortir du bâtiment à peu près en face des voitures. 2 quais, en direction aller à Paris et vers la Province, c'est une belle gare et en même temps très fonctionnelle, intelligente.
La plupart des projets sont de la rénovation finalement ?

Oui, ça sera plus facile de partir d'une feuille blanche et d'imaginer la solution idéale que de retravailler sur l'existant.
En plus, on a un patrimoine bâti avec une histoire parfois qui commence là être un peu longue. Et comme on est dans la conservation et protection du patrimoine…
Ce qui m'a étonné, c'est le projet de Strasbourg par exemple, d'avoir réussi mettre cette bulle. La gare de Strasbourg, qui est un des patrimoines architectural national , mais on a réussi à l'envelopper dans une espèce de bulle en verre qui habille toute sa façade. L'idée était pour augmenter son volume d'accueil.
Alors ça devient modernité en termes d'esthétique ?
Oui, tout à fait ! on n'arrive pas faire ça partout, parce qu'il peut y avoir des résistances locales, soit des municipalités, soit les architectes des bâtiments de France qui sont vigilents sur la préservation du patrimoine architectural. Le projet de Strasbourg, doit être particulièrement ouvert. Parce que l'Intervention est assez radicale.
Comment vous déroulez le projet ? votre méthodologie ? vous recherchez des matériaux par exemple ?
Tout ça, ça fait partie de travail d'AREP. Le bureau d'étude. Ce que nous faisons ici, on va établir notre programme. Comment protéger un espace d'attente, qui n'est pas dans un espace fermé. Donc, on a fait, il y a quelque année, sur la gare du Nord, il y avait une étude aéraulique, qui avait été réalisée, pour savoir d'où venait le courant d'air dans la gare pour mettre en place des paravents sur l'un des quais car on avait des zones d'attente. Et cette étude a permis de positionner les paravents au bon endroit. Parce que parfois, nous installons des paravents, mais ça génère plus de courant d'air qu'avant. Ça été étudié et bien fonctionné. Mais des études qui sont assez onéreuses, donc on le fait pas forcément dans les petites gares.
On a fait cela pour enlever le courant d'air, avant d'installer le chauffage.
J'ai vu à Avignon, il y a un coupe vent qui à été installé. C'est aussi la même idée ?
Dans cette gare, ce n'est pas un coupe vent, c'est un SAS. C'est un espace tampon, entre l'espace l'extérieur et l'intérieur. L'intérieur est bien maitrisé et cet espace tampon permet que ça se ferme d'un côté, et d'un autre côté ça s'ouvre.
C'est un espace de transition pour les voyageurs en passant, on peut dire ?
Après, ça ne marche pas bien quand il y a trop de monde.
Et aussi, on ne peut pas mettre dans tous les bâtiments. Sur les entrées de gares historiques, nous avons souvent une double porte.
On essaye de positionner les portes pour couper l'air au passage des voyageurs. Ce sont de petites choses qui coûtent pas cher, mais assez efficace.
A votre avis, en France, c'est bien développé au niveau des projets thermiques ? En termes d'énergie renouvelable ?
Ça commence. Depuis quelque année, on parle de HQ. Mais beaucoup de retard, par rapport à l'Allemagne ou aux Pays du Nord. C'est sur !
Je pense que l'Europe sud, Italie, Espagne, France, par rapport aux pays du nord, est très en retard.
Je pense que vraiment c'est une question de prise compte de mentalité. Même la construction de maison individuelle, bâtiment, on a énormément de retard.
Les artisans là bas, sont pas chers, parce qu'ils savent maîtriser. En France, comme ils n'ont pas de savoir-faire, c'est plus cher, donc par exemple comme l'isolation, on l'utilise depuis 50 ans, toujours avec les mêmes matériaux à intérieur du bâtiment.
Comme les artisans en France, ne savent pas mettre les isolants à l'extérieur, ça augmente le prix de 20 %.
Les panneaux solaires sont beaucoup moins chers en Allemagne.
Les belges aussi, sont très en avance. Les suisses aussi.
Les climats en Italie, ce n'est pas extrême, donc moins développé.
En comparant, l'utilisation du chauffage, entre danois et italien, c'est une problématique

différente. En Italie on s'en sert quelques fois par an, donc ils n'avancent pas dans cette technique.
La France est entre les deux. Mais ce n'est pas encore un grand mouvement national. Les grandes entreprises mettent les moyens pour faire basculer les choses.