

# Soleil et architecture – Guide pratique pour le projet

Energies renouvelables



Soleil et architecture –

Guide pratique pour le projet

Les problèmes énergétiques et d'environnement sont des contraintes du programme que l'architecte ou l'ingénieur doit gérer, au même titre que les autres paramètres du projet.

Les conditions économiques, politiques et écologiques nous amènent aujourd'hui à privilégier l'utilisation d'énergies renouvelables, principalement le rayonnement solaire pour le chauffage et l'éclairage des bâtiments.

Cette part peut atteindre 30 à 40 %, sans prouesse technologique et pour un coût raisonnable, ce qui nécessite pour l'architecte, ou l'ingénieur, de connaître quelques principes de physique, quelques règles de dimensionnement, afin de pouvoir y associer des solutions formelles et techniques.

Le cours a pour objectif de transmettre les acquis de la recherche dans le domaine de la technique solaire passive aux architectes et ingénieurs, en adaptant cette démarche au rythme et à la logique du projet.

1991, 140 pages, N° de commande 724.212 f

# Soleil et architecture – Guide pratique pour le projet

## Introduction

Soleil et architecture –  
Guide pratique pour le projet

Groupe de travail

R. Contini Knobel  
J.-C. Enderlin  
P. Gallinelli  
B. Lachal  
H. Marti  
P. Minder  
P. Schweizer  
W. Weber

Directeur du cours  
W. Weber

Associations organisatrices

|        |   |
|--------|---|
| UTS    | Union Technique Suisse  |
| APE    | Association professionnelle suisse des préposés à l'énergie dans l'entreprise |
| PROMES | Association des professionnels romands de l'énergie solaire                   |
| SIA    | Société Suisse des Ingénieurs et Architectes                                  |
| SSES   | Société suisse pour l'énergie solaire   |

ISBN 3-905232-05-7

Copyright © 1991 Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne, décembre 1991.  
Reproduction d'extraits autorisée avec indication de la source.

Diffusion: Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne (N° de commande 724.212 f).

Form. 724.212 f 12.91 1500 56491

# Avant-propos

D'une durée totale de six ans (1990-1995), le programme d'action «Construction et énergie» se compose des trois programmes d'impulsions suivants:

- PI-BAT - entretien et rénovation des constructions
- RAVEL - utilisation rationnelle de l'électricité
- PACER - énergies renouvelables

Ces trois programmes d'impulsions sont réalisés en étroite collaboration avec l'économie privée, les écoles et la Confédération. Ils doivent favoriser une croissance économique qualitative et, par là, conduire à une plus faible utilisation des matières premières et de l'énergie, avec pour corollaire un plus large recours au savoir faire et à la matière grise.

Jusqu'ici, si l'on fait abstraction du potentiel hydroélectrique, la contribution des énergies renouvelables à notre bilan énergétique est négligeable. Aussi le programme PACER a-t-il été mis sur pied afin de remédier à cette situation. Dans ce but le programme cherche:

- à favoriser les applications dont le rapport prix/performance est le plus intéressant;
- à apporter les connaissances nécessaires aux ingénieurs, aux architectes et aux installateurs;
- proposer une approche économique nouvelle qui prend en compte les coûts externes;
- à informer les autorités, ainsi que les maîtres de l'ouvrage.

Cours, manifestations, publications, vidéos etc...

Le programme PACER se consacre, en priorité, à la formation continue et à l'information. Le transfert de connaissances est basé sur les besoins de la pratique. Il s'appuie essentiellement sur des publications, des cours et d'autres manifestations. Les ingénieurs, architectes, installateurs, ainsi que les représentants de certaines branches spécialisées, en constituent le public cible. La diffusion plus large d'informations plus générales est également un élément important du programme. Elle vise les maîtres de l'ouvrage, les architectes, les ingénieurs et les autorités.

Le bulletin «Construction et énergie», qui paraît deux à trois fois par an fournit tous les détails sur ces activités. Ce bulletin peut être obtenu gratuitement sur simple demande. Chaque participant à un cours ou autre manifestation du programme reçoit une publication spécialement élaborée à cet effet. Toutes ces publications peuvent également être obtenues en s'adressant directement à l'Office central fédéral des imprimés et du matériel à Berne (OCFIM, 3003 BERNE).

## Compétences

Afin de maîtriser cet ambitieux programme de formation, il a été fait appel à des spécialistes des divers domaines concernés. Ceux-ci appartiennent au secteur privé, aux écoles et aux associations professionnelles. Ces spécialistes sont épaulés par une commission qui comprend des représentants des associations, des écoles ainsi que des branches professionnelles concernées.

Ce sont également les associations professionnelles qui prennent en charge l'organisation des cours et des autres activités. Pour la préparation de ces nombreuses activités, une direction de programme a été mise en place; elle se compose du Dr Jean-Bernard GAY, du Dr Charles FILLEUX, de Monsieur Jean GRAF, du Dr Arthur WELLINGER, ainsi que de Madame Irène WUILLEMIN et de Monsieur Eric MOSIMANN de l'OFQC. La préparation des différentes activités se fait au travers de groupes de travail; ceux-ci sont responsables du contenu, de même que du maintien des délais et des budgets.

La documentation de ce cours «Soleil et architecture – Guide pratique pour le projet» comporte trois volets:

- a) Une partie théorique organisée en quatre chapitres qui suivent l'avancement des étapes du projet:
  - analyse du potentiel solaire passif d'un programme;
  - description des dispositifs solaires passifs pour la phase d'avant-projet;
  - concept énergétique et choix des installations techniques;
  - normes et lois pour l'autorisation de construire.
- b) Les fiches de 16 réalisations (habitations, écoles, bureaux) dont le concept architectural et thermique recouvre un large éventail de dispositifs solaires passifs.
- c) Des outils de contrôle et de dimensionnement simples pour l'ensoleillement, le choix et le dimensionnement de vitrages lors de l'avant projet.

Sa présentation, sous forme de cahiers et de fiches, est adaptée au mode de travail de l'architecte (affichage, comparaison d'exemples, photocopies).

Cette documentation se réfère aux documents SIA D 056 «Le soleil – Chaleur et lumière dans le bâtiment» et D 010 «Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung», deux livres de base pour les architectes qui s'intéressent à l'énergie solaire passive.

Le présent document a fait l'objet d'une procédure de consultation; il a également été soumis à l'appréciation des participants au premier cours pilote, ce qui a permis aux auteurs d'effectuer les corrections nécessaires. Des améliorations sont encore possibles et des suggestions éventuelles peuvent être adressées soit au directeur du cours, soit directement à l'Office fédéral des questions conjoncturelles.

Pour terminer nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de la présente publication.

Dr Heinz Kneubühler  
Directeur-suppléant de l'Office fédéral  
des questions conjoncturelles

# Soleil et architecture – Guide pratique pour le projet

## Table des matières

INTRODUCTION

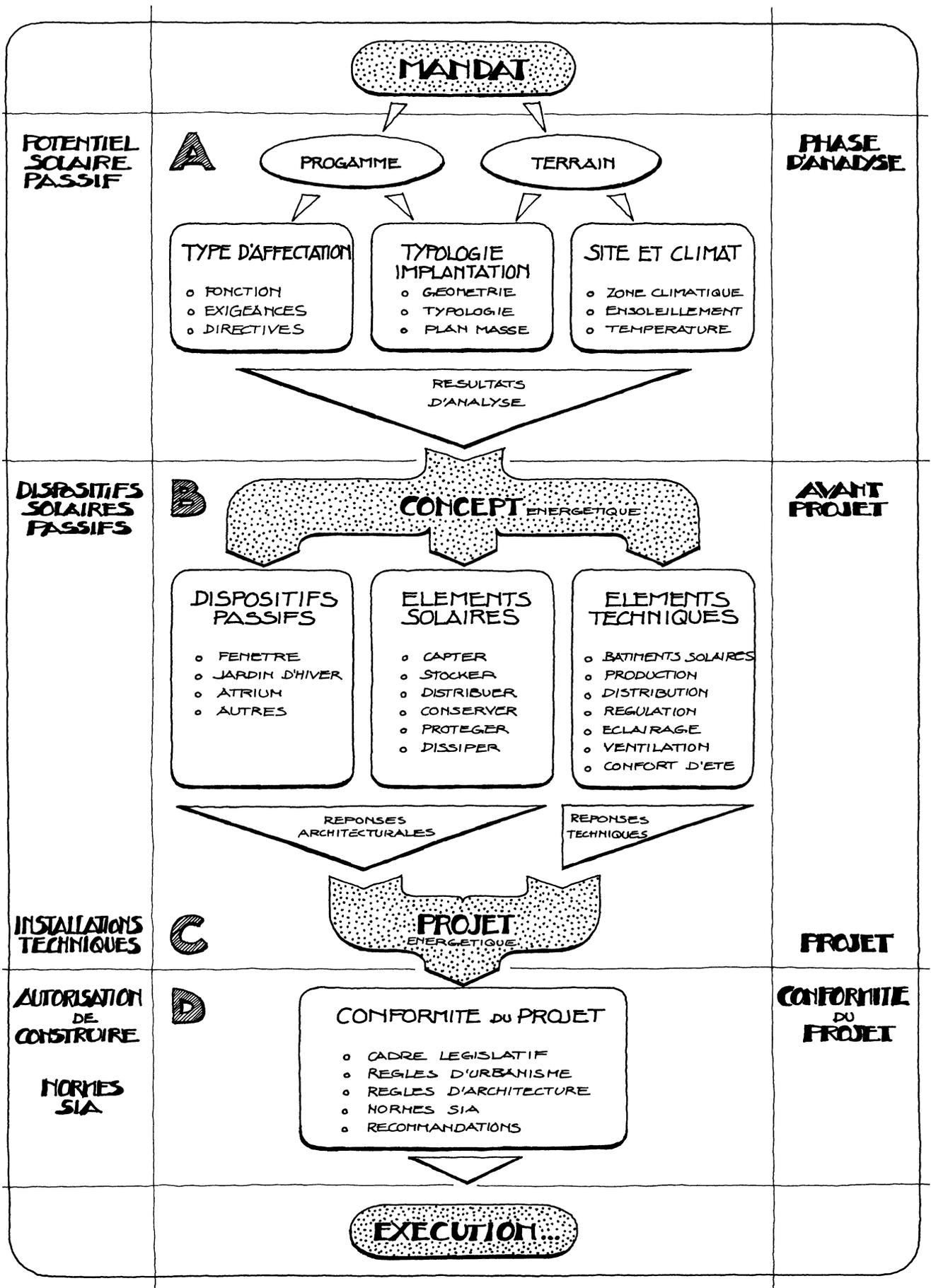
A – POTENTIEL SOLAIRE PASSIF

B – DISPOSITIFS SOLAIRES PASSIFS

C – INSTALLATIONS TECHNIQUES

D – AUTORISATION DE CONSTRUIRE, NORMES SIA

FICHES D'EXEMPLES



# Introduction

Les problèmes énergétiques et d'environnement sont des contraintes du programme que l'architecte ou l'ingénieur doit gérer, au même titre que les autres paramètres du projet.

Les conditions économiques, politiques et écologiques nous amènent aujourd'hui à privilégier l'utilisation d'énergies renouvelables, principalement le rayonnement solaire pour le chauffage et l'éclairage des bâtiments: celui-ci participant déjà de manière naturelle (principalement grâce au vitrages) pour 8 à 10 % du chauffage.

Or cette part peut atteindre 30 à 40 %, sans prouesse technologique et pour un coût raisonnable, ce qui nécessite pour l'architecte, ou l'ingénieur, de connaître quelques principes de physique, quelques règles de dimensionnement, afin de pouvoir y associer des solutions formelles et techniques.

Le cours a donc pour objectif de transmettre les acquis de la recherche dans le domaine de la technique solaire passive aux architectes et ingénieurs, en adaptant cette démarche au rythme et à la logique du projet.

Ce cours est d'autant plus d'actualité qu'il est nécessaire pour l'architecte de satisfaire à de nouvelles normes, lois et règlements en matière d'énergie.

En outre, devant la sensibilisation aux problèmes d'environnement, de plus en plus d'entreprises, de collectivités, font expressément référence dans leurs programmes de construction à «l'écologie» et à l'utilisation d'énergie solaire renouvelable.

L'ensemble de logements à Préverenges, ainsi que l'école de Gumpenwiesen, sont des exemples qui ont été réalisés à la suite de concours qui spécifiaient la nécessité d'utiliser le rayonnement solaire (voir fiches d'exemples).

*Directeur du cours  
Willi Weber*

# Organisations de soutien

## **Sia**

Société suisse  
des Ingénieurs et Architectes

## **APE**

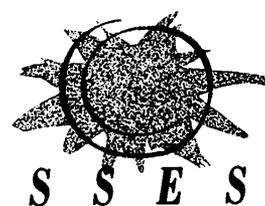
Association professionnelle suisse  
des préposés à l'énergie  
dans les entreprises

## **PROMES**

Association des professionnels  
romands de l'énergie solaire



Union technique suisse



Société suisse  
pour l'énergie solaire

# A – Potentiel solaire passif

# Soleil et architecture – Guide pratique pour le projet

## A – Potentiel solaire passif

Soleil et architecture –  
Guide pratique pour le projet

Groupe de travail

R. Contini Knobel  
J.-C. Enderlin  
P. Gallinelli  
B. Lachal  
H. Marti  
P. Minder  
P. Schweizer  
W. Weber

Responsables de la partie A

P. Gallinelli  
W. Weber

Associations organisatrices

|        |   |
|--------|---|
| UTS    | Union Technique Suisse  |
| APE    | Association professionnelle suisse des préposés à l'énergie dans l'entreprise |
| PROMES | Association des professionnels romands de l'énergie solaire                   |
| SIA    | Société Suisse des Ingénieurs et Architectes                                  |
| SSES   | Société suisse pour l'énergie solaire   |

ISBN 3-905232-05-7

Copyright © 1991 Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne, décembre 1991.

Reproduction d'extraits autorisée avec indication de la source.

Diffusion: Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne (N° de commande 724.212 f).

Form. 724.212 f 12.91 1500 56491

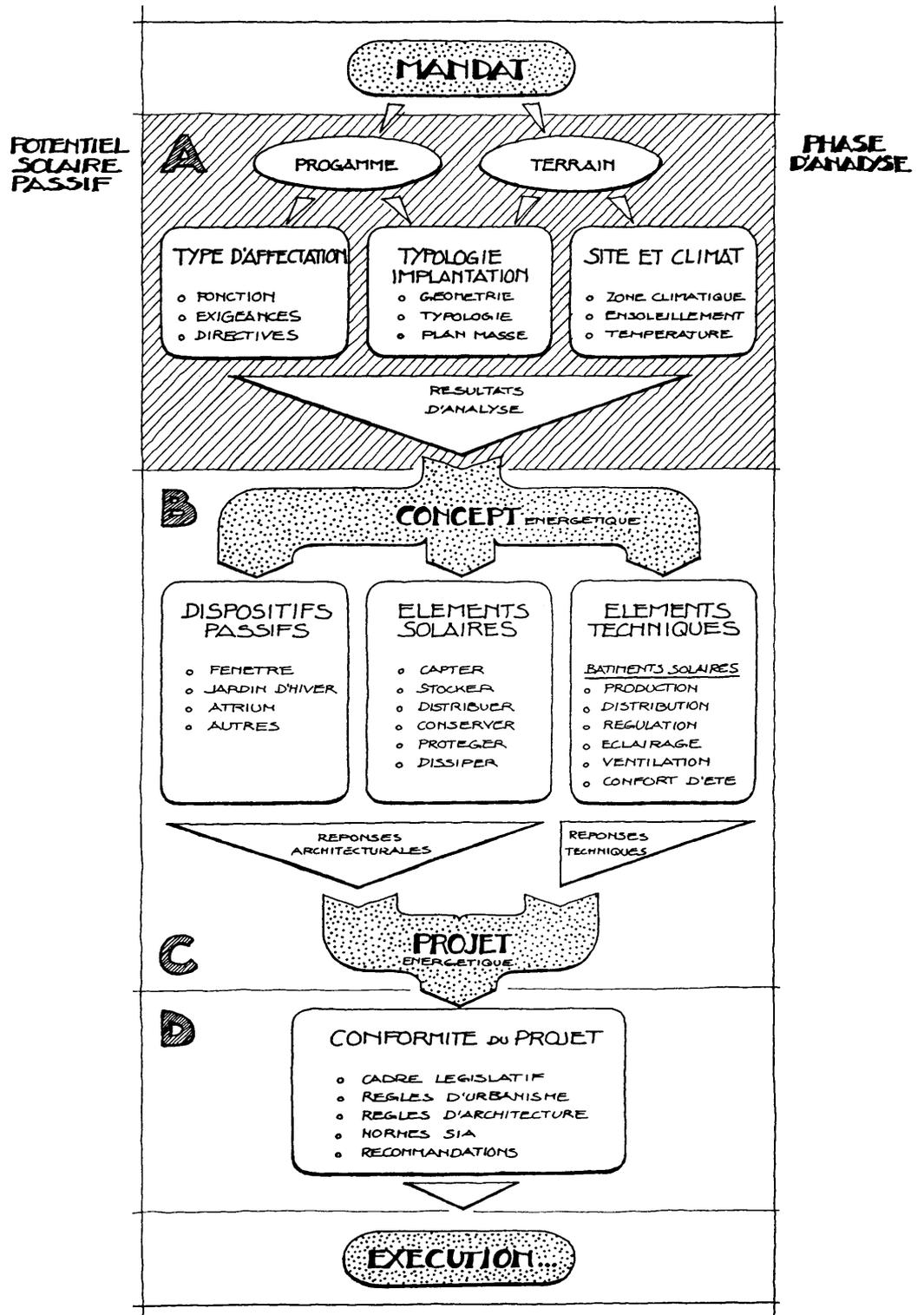
---

---

# A – Potentiel solaire passif

## Table des matières

- A1 INTRODUCTION
- A2 TYPE D’AFFECTATION
  - A2.1 ÉCOLES
  - A2.2 ADMINISTRATION
  - A2.3 HABITATION
- A3 SITE ET CLIMAT
  - A3.1 ZONES CLIMATIQUES
  - A3.2 ENSOLEILLEMENT - ÉNERGIE THERMIQUE
  - A3.3 ENSOLEILLEMENT - LUMIÈRE NATURELLE
  - A3.4 ENSOLEILLEMENT - TEMPÉRATURE
  - A3.5 BILAN THERMIQUE
- A4 TYPOLOGIE ET IMPLANTATION
  - A4.1 ZONAGE THERMIQUE
  - A4.2 GÉOMÉTRIE
  - A4.3 ORIENTATION DES ESPACES
  - A4.4 IMPLANTATION
  - A4.5 ÉTUDE D’ENSOLEILLEMENT DU SITE
  - A4.6 SIMULATION D’ENSOLEILLEMENT DU PROJET
- AX ANNEXES
  - AX1 NOTIONS DE CONFORT
  - AX2 DONNÉES MÉTÉO
  - AX3 CALCULATRICE D’OMBRE
- AR RÉFÉRENCES



# A1 Introduction

Le programme et le site sont à la base du travail de l'architecte. En effet, c'est à partir de l'analyse de ce programme, du terrain mais aussi du climat que s'élaborent les premières esquisses du projet.

Dès cette première phase il est nécessaire d'introduire les préoccupations d'énergie et d'environnement, de s'assurer de l'usage optimum du rayonnement solaire disponible sur le site.

Cet usage optimum est déterminé par les paramètres suivants:

Le type d'affectation

L'affectation du bâtiment et les activités qu'il abrite conditionnent directement l'organisation des espaces et le niveau de confort thermique, visuel et acoustique qu'il s'agit d'assurer.

Parmi les affectations répertoriées par la SIA (norme 102, par exemple), nous avons choisi d'étudier:

- les écoles,
- les bâtiments administratifs,
- les logements.

Ces différents bâtiments illustrent le rôle spécifique que peut jouer le rayonnement solaire, par exemple:

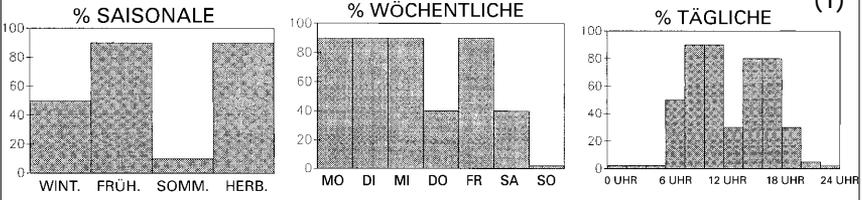
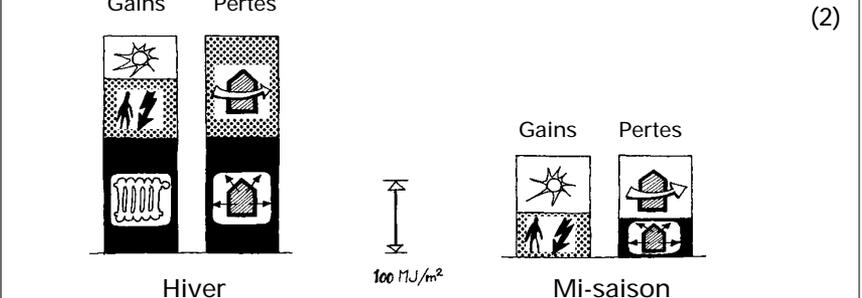
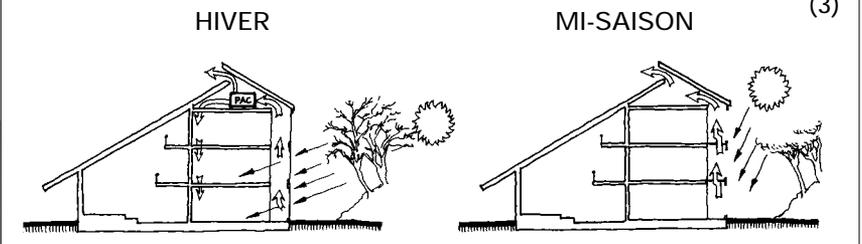
- dans le logement le rayonnement solaire sera affecté au chauffage;
- les écoles favoriseront l'aspect d'éclairage naturel et craindront peu la surchauffe estivale;
- les bâtiments administratifs devront utiliser le rayonnement pour l'éclairage naturel, tout en se préservant, l'été de cette énergie, pour qu'il ne faille climatiser le bâtiment.

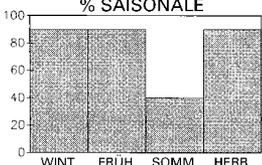
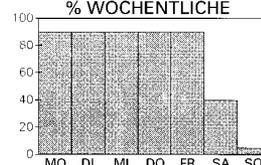
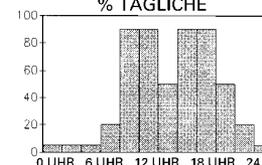
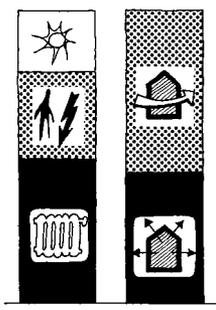
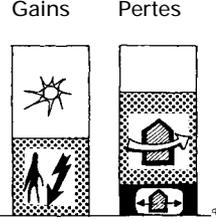
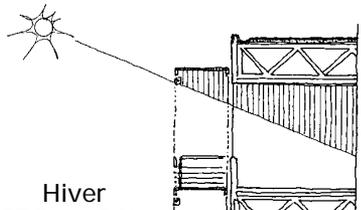
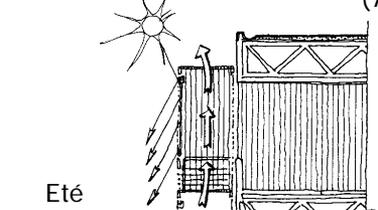
Le site et le climat

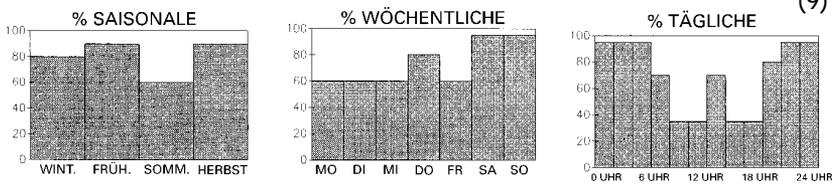
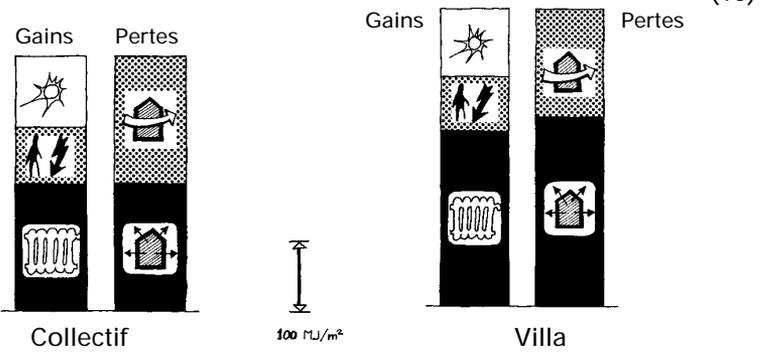
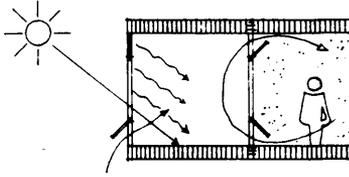
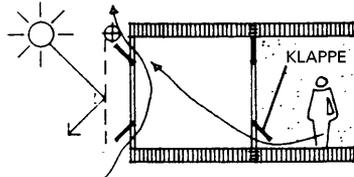
Le site et son climat, par les variations de température et d'ensoleillement, influencent de manière directe les pertes thermiques du bâtiment et les gains solaires possibles.

La typologie et l'implantation

L'organisation des espaces en fonction du mouvement du soleil, de l'étude d'ensoleillement du site, participe à la recherche de solutions typologiques et d'implantation.

|   |   |             |             |
|---|---|-------------|-------------|
| <b>A2.1 Ecoles</b>  | Besoin d'éclairage naturel<br>Gains internes très importants (chaleur humaine)<br>Variations importantes de taux d'occupation (jour-nuit, vacances)   |             |             |
| EXIGENCES   | CLASSES   | CIRCULATION | GYMNASTIQUE |
| CONFORT VISUEL  | 300-500 lux   | >100 lux    | 300 lux     |
| CONFORT THERMIQUE   | 21°-26°C  | ~18°C       | 16°-22°C    |
| RENOUVELLEMENT D'AIR  | >25m <sup>3</sup> /h/pers   | 1 V/h       | 2 V/h       |
| VARIATIONS D'OCCUPATION   |   |             |             |
| DIRECTIVES DE PROJET  | <ul style="list-style-type: none"> <li>● importance primordiale de la vue et de l'éclairage naturel;</li> <li>● prévoir des protections contre l'éblouissement;</li> <li>● favoriser l'utilisation du rayonnement solaire le matin en mi-saison;</li> <li>● réduire l'inertie thermique : réchauffement rapide des salles de classes pendant les périodes d'utilisation en profitant des gains internes (personnes et éclairage) et des apports solaires;</li> <li>● bonne isolation thermique et système de chauffage d'appoint réduit: pour le dimensionnement tenir compte de l'importance de la chaleur « gratuite » disponible.</li> </ul> |             |             |
| BILAN THERMIQUE TYPE  |   |             |             |
| EXEMPLE<br><i>voir fiches d'exemples «écoles»</i>   | Centre scolaire de Gumpenwiesen<br>Architecte: Rolf Lüthi, Regensburg<br>Réalisation 1984, Prix de l'énergie SIA 1988 <span style="float: right;">(Fiche N° 16)</span>  |             |             |
| FONCTIONNEMENT<br><br> |  <p>                     HIVER: Pénétration du soleil, récupération de chaleur, protection contre le vent froid.                 </p> <p>                     MI-SAISON: Utilisation maximale du soleil, évacuation des excédents de chaleur.                 </p>  |             |             |

|   |  |             |             |
|---|--|-------------|-------------|
| <b>A2.2 Administration</b>  | Les gains internes sont importants (éclairage artificiel, ordinateurs)<br>Besoin d'éclairage naturel (très bonne qualité de lumière)<br>Problème de l'évacuation de chaleur en été (climatisation)   |             |             |
| <b>EXIGENCES</b>  | BUREAUX  | CIRCULATION | ARCHIVES    |
| <b>CONFORT VISUEL</b>   | 400-1000 lux   | 100 lux     | 100-250 lux |
| <b>CONFORT THERMIQUE</b>  | 21°-26°C   | 18-26°C     | ~19°C       |
| <b>RENOUVELLEMENT D'AIR</b>   | >25m <sup>3</sup> /h/pers  | ~1 V/h      | 0,3 V/h     |
| <b>VARIATIONS D'OCCUPATION</b>  | (5) <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">                     % SAISONALE<br/>  </div> <div style="text-align: center;">                     % WÖCHENTLICHE<br/>  </div> <div style="text-align: center;">                     % TÄGLICHE<br/>  </div> </div>  |             |             |
| <b>DIRECTIVES DE PROJET</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● danger de surchauffe en été: une partie considérable des besoins en énergie sont dûs aux systèmes de climatisation;</li> <li>● prévoir des dispositifs de protection solaire extérieurs;</li> <li>● priorité au rafraîchissement par ventilation;</li> <li>● rechercher l'éclairage naturel;</li> <li>● grande importance d'un choix judicieux des installations techniques;</li> <li>● porter une attention particulière aux interactions possibles entre les différents éléments intervenant dans le bilan thermique (gains internes, gains solaires, chauffage, climatisation);</li> <li>● éviter les grandes surfaces de verre teinté;</li> <li>● une grande souplesse d'utilisation est recommandée car il est parfois difficile de prévoir les affectations futures.</li> </ul> |             |             |
| <b>BILAN THERMIQUE TYPE</b>   | (6) <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">                     Gains Pertes<br/> <br/>                     Hiver                 </div> <div style="text-align: center;">                     100 MJ/m<sup>2</sup> </div> <div style="text-align: center;">                     Gains Pertes<br/> <br/>                     Eté                 </div> </div>  |             |             |
| <b>EXEMPLE</b><br>voir fiches d'exemples<br>«bâtiments administratifs»  | Bâtiment administratif Hewlett-Packard à Genève<br>Architecte: Jean-Jacques Oberson, Janez Hazin<br>Réalisation 1982 <span style="float: right;">(Fiche N° 14)</span>  |             |             |
| <b>FONCTIONNEMENT</b><br>(8) <div style="margin-top: 10px;">  </div> | (7) <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <br/>                     Hiver<br/>                     Pénétration du soleil, récupération de chaleur par pompe à chaleur.                 </div> <div style="text-align: center;"> <br/>                     Eté<br/>                     Protection du soleil: éblouissement contrôlé, pas de surchauffe, verre transparent.                 </div> </div>  |             |             |

|   |  |                 |                     |
|---|--|-----------------|---------------------|
| <b>A2.3 Habitation</b>  | <b>IMMEUBLE, VILLA</b><br>Déperditions thermiques importantes par transmission et ventilation.<br>Facteur de forme plus favorable pour les immeubles.<br>Grand potentiel d'utilisation de l'énergie solaire pour le chauffage.   |                 |                     |
| <b>EXIGENCES</b>  | <b>SÉJOUR</b>  | <b>CHAMBRES</b> | <b>SALLES D'EAU</b> |
| <b>CONFORT VISUEL</b>   | 100-500 lux  | 100-500 lux     | ~250 lux            |
| <b>CONFORT THERMIQUE</b>                                      | 19°-26°C   | 14-24°C         | ~22°C               |
| <b>RENOUVELLEMENT D'AIR</b>                                   | 0,4 V/h  | 0,4 V/h         | 0,3-2 V/h           |
| <b>VARIATIONS D'OCCUPATION</b>                                |    |                 |                     |
| <b>DIRECTIVES DE PROJET</b>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● grand potentiel d'utilisation du rayonnement solaire et des gains internes en mi-saison et en hiver;</li> <li>● réduire le facteur de forme: volumes simples, compacts;</li> <li>● prévoir une bonne isolation thermique;</li> <li>● étudier l'ensoleillement du projet (masques, implantation);</li> <li>● bonne orientation des différentes fonctions (typologie);</li> <li>● bonne orientation des ouvertures: favoriser les vitrages sud et réduire les ouvertures nord;</li> <li>● en général, favoriser l'inertie thermique (isolation extérieure, matériaux lourds) pour stocker les apports solaires et pour atténuer les variations de température.</li> </ul> |                 |                     |
| <b>BILAN THERMIQUE TYPE</b>                                   |    |                 |                     |
| <b>EXEMPLE</b><br>voir fiches d'exemples<br>«habitation»      | Immeubles solaires de la rue du Midi, Genève<br>Architecte: J. Choisi et Riva, Genève<br>Réalisation 1985 <span style="float: right;">(Fiche N° 6)</span>  |                 |                     |
| <b>FONCTIONNEMENT</b> <span style="float: right;">(12)</span> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="597 1659 985 2035"> <p style="text-align: center;"><b>HIVER</b></p>  <p>Pénétration du soleil dans la véranda, distribution et stockage dans les appartements.</p> </div> <div data-bbox="1001 1659 1424 2035"> <p style="text-align: center;"><b>ÉTÉ</b> <span style="float: right;">(11)</span></p>  <p>Protection solaire par stores ventilés, ventilation naturelle par thermocirculation.</p> </div> </div>   |                 |                     |



## A3 Site et climat

### A3.1 Zones climatiques

Le climat est de l'ordre combinatoire; divers phénomènes, en effet, se combinent et interviennent simultanément sur la construction: les températures, le rayonnement solaire, les vents, les précipitations... Dans le bâtiment, de nombreux composants sont modelés par le climat: orientation, matériaux, fondations... et l'architecture vernaculaire en reflète l'influence. Ces exemples d'adaptation au climat ne sont pas des modèles, mais des incitations à réinterpréter de manière contemporaine leurs réponses au climat.

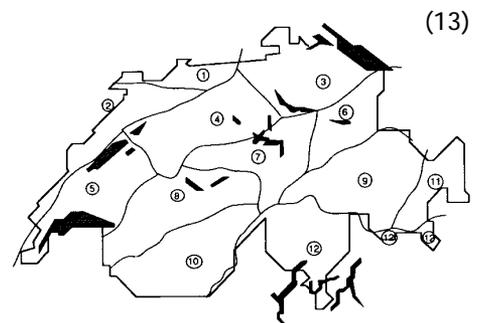
### CONCEPTION CLIMATIQUE

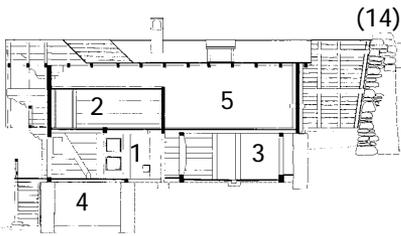
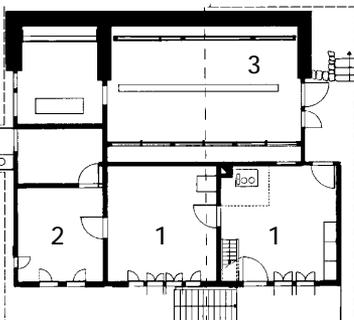
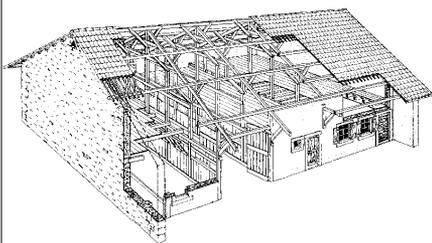
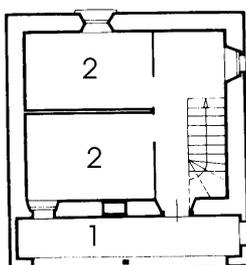
La conception climatique consiste dans la création d'une enveloppe dynamique capable de faire d'un climat extérieur, quel qu'il soit, un climat intérieur confortable et contrôlable.

### RÉGIONS CLIMATIQUES

On peut définir des zones géographiques où le climat est relativement homogène: la Suisse peut se décomposer en 12 zones principales (données météo: voir annexe AX2).

- 1 Jura oriental
- 2 Jura occidental
- 3 N-E du Plateau
- 4 Plateau central
- 5 Ouest du Plateau
- 6 Nord Alpes orientales
- 7 Nord Alpes centrales
- 8 Nord Alpes occidentales
- 9 Grisons nord et centre
- 10 Valais
- 11 Engadine
- 12 Sud des Alpes

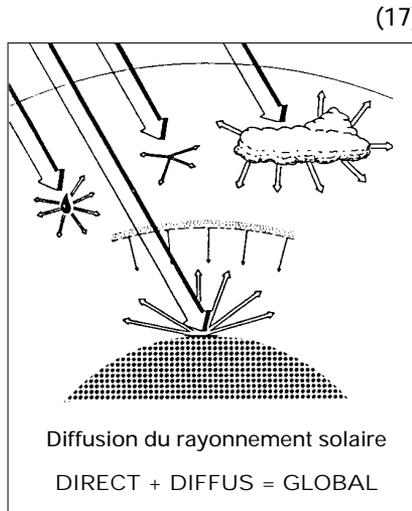


|  |   |   |
|--|---|---|
| <p><b>VERSANT NORD DES ALPES OCCIDENTALES (zone 8)</b></p> <p>Chalet à Fort, Ormonts-Dessus (VD)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- implantation sur le versant ensoleillé</li> <li>- façade principale au sud</li> <li>- animaux au nord et au sous-sol</li> <li>- isolation foin, neige</li> <li>- inertie thermique faible</li> </ul>  <p>(14)</p> <p>1 séjour<br/>2 chambre<br/>3 étable des vaches<br/>4 étable des chèvres<br/>5 grange, foin</p>  | <p><b>OUEST DU PLATEAU (zone 5)</b></p> <p>Maison Rurale, Versonnex (F)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- protection des vents dominants</li> <li>- construction mitoyenne</li> <li>- logement au sud-ouest</li> <li>- animaux au nord-ouest</li> <li>- foin sous le toit</li> </ul>  <p>(15)</p>  | <p><b>SUD DES ALPES (zone 12)</b></p> <p>Maison à Gordola, Pont Sücc (TI)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- protection du soleil</li> <li>- mur épais en pierre</li> <li>- porche au sud</li> </ul>  <p>(16)</p> <p>1 porche<br/>2 chambre<br/>cuisine au rez</p>  |
|--|---|---|

A3.2 Ensoleillement et énergie thermique

RAYONNEMENT SOLAIRE

En dehors de l'atmosphère terrestre un plan orienté perpendiculaire aux rayons du soleil reçoit une puissance de 1350 W/m<sup>2</sup>. En traversant l'atmosphère le rayonnement solaire est diffusé et atténué.



(17)

(18)

| PUISSANCES DE RAYONNEMENT (W/m <sup>2</sup> ) |       |       |         |
|---|-------|-------|---------|
| JOUR  | CLAIR | MOYEN | COUVERT |
| DIRECT  | 900   | 350   | 0       |
| DIFFUS  | 100   | 150   | 100     |
| GLOBAL  | 1000  | 500   | 100     |

| CLAIR   | MOYEN   | COUVERT   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Frais, ciel bleu et dégagé  | Le soleil perce   | Brouillard élevé  |

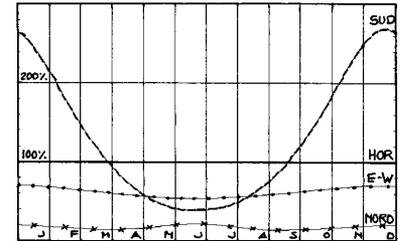
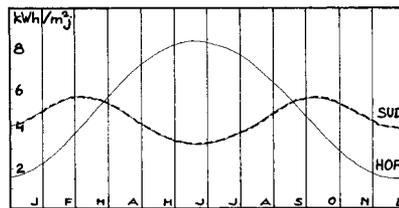
Les stations météo publient des mesures de rayonnement global sous forme d'énergie moyenne cumulée sur un plan horizontal de 1 m<sup>2</sup> pour une période de temps défini (jour, mois...).

ORIENTATION

Particularité de la façade Sud.

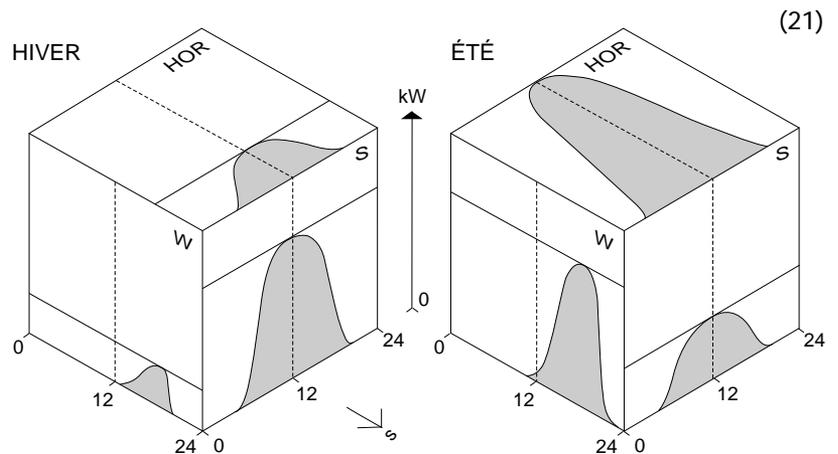
Plus le soleil est bas plus l'insolation sur un plan vertical sud augmente, mais elle présente toutefois un «creux» en hiver: les jours sont plus courts et le ciel souvent couvert.

INSOLATION JOURNALIERE (19) TABLEAU DE TRANSPOSITION (20)



Puissances reçues sur des plans d'orientations différentes, en pourcentage par rapport à l'insolation horizontale (100%). Graphiques et tableaux complémentaires en annexe.

Chaque orientation est caractérisée par des heures et des puissances d'insolation précises.



(21)

En hiver la façade sud reçoit la plus grande quantité de rayonnement, contrairement aux orientations est et ouest. En été ce processus est inversé. Ainsi les ouvertures au sud ont la meilleure capacité de régulation passive alors que les autres orientations ont un maximum de gains en été d'où le risque de surchauffe. Les heures pendant lesquelles la puissance est maximale varient suivant l'orientation du plan considéré.

### A3.3 Lumière naturelle

Le potentiel de l'éclairage naturel est fonction de la surface visible du ciel et des réflexions. Les avantages de l'éclairage naturel sont:

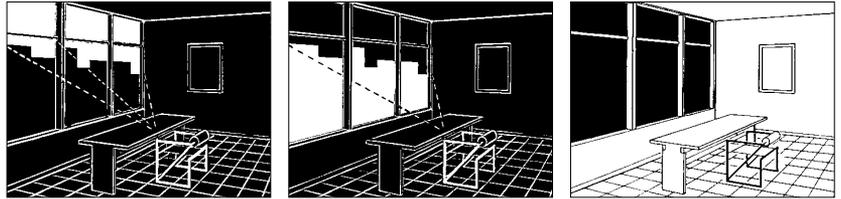
- excellent rendement lumineux
- excellent rendu des couleurs
- gratuité.

L'éclairage naturel est soumis à des variations quantitatives et qualitatives constantes: par les nuages, la situation géographique, l'orientation, la saison et l'heure du jour.

#### INTERACTIONS

La distribution de l'éclairage naturel est directement liée aux choix architecturaux.

La disposition des fenêtres, la profondeur et la géométrie du local, la couleur des murs et du plafond ainsi que l'ameublement sont des éléments qui influencent directement la distribution de la lumière naturelle. (22)



Composante du ciel

Composante réfléchie

Composante intérieure

#### FLJ

Le facteur de lumière de jour (FLJ) permet une analyse quantitative de la distribution lumineuse à l'intérieur d'une pièce.

Le facteur de lumière de jour (FLJ) se mesure par temps couvert. Il est défini comme le rapport entre l'éclairement naturel sur un plan de travail et l'éclairement mesuré simultanément sur un plan horizontal à l'extérieur. Il se compose de trois contributions distinctes:

(23)

#### OUTILS D'ANALYSE

A l'aide d'une maquette d'étude on peut rapidement tracer un graphique de la répartition de lumière pour un espace donné (méthode en annexe).



- ces courbes ne sont valables que pour un ciel couvert.
- l'éclairement diminue très vite lorsqu'on s'éloigne des ouvertures.
- l'éclairage azimuthal est très efficace mais nécessite des bonnes protections solaires contre la surchauffe et l'éblouissement.

#### OBSERVATIONS

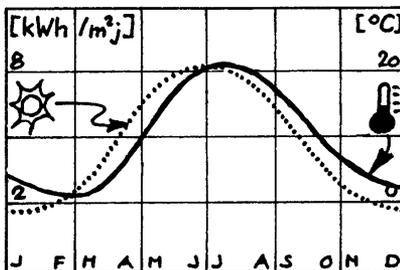
En réalité les conditions sont très variables. C'est pourquoi il est indispensable de penser non seulement en termes de «quantité» de lumière (FLJ), mais aussi en termes de qualité de l'éclairement naturel.

- protections contre l'éblouissement suivant l'orientation, la météo, la saison, l'heure et l'affectation;
- couleurs employées et leurs contrastes respectifs: une pièce claire procure un meilleur confort visuel;
- aménagement des pièces en fonction de leur affectation: par exemple un travail sur ordinateur nécessite un autre type d'éclairement que le travail à la planche à dessin;
- dimensions relatives des ouvertures:
  - petite: éblouissement car le local est sombre; peu d'apports.
  - grande: éclairage uniforme, mais exposition au soleil direct et importantes déperditions thermiques.
- il peut y avoir contradiction entre éclairage et énergie.
- complémentarité de l'éclairage naturel et artificiel (*chapitre C*).

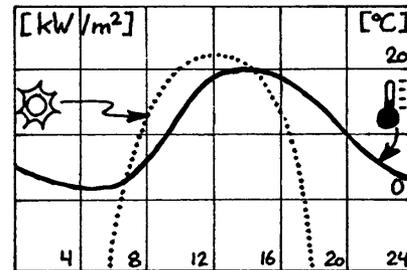
### A3.4 Température

Les variations de température sont engendrées par les variations du rayonnement solaire et dépendent directement de la quantité d'énergie solaire qui arrive au sol.

VARIATIONS ANNUELLES (24)



VARIATIONS JOURNALIÈRES (25)



Le comportement thermique du bâtiment dépend directement des variations de la température extérieure et de l'ensoleillement.

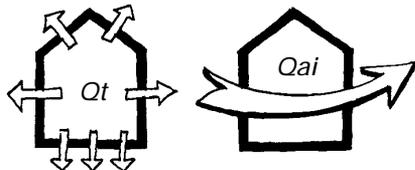
Remarque: L'inertie thermique (sol, bâtiments, etc.), définit l'ordre de grandeur du déphasage et de l'amplitude des températures.

### A3.5 Bilan thermique

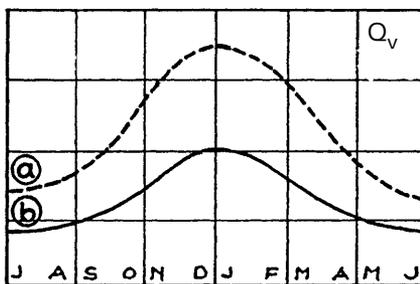
#### DEPERDITIONS DE CHALEUR

$(Q_t + Q_{ai})$

Pertes par transmission de l'enveloppe  $Q_t$  et par renouvellement d'air  $Q_{ai}$ . La «demande de chaleur»  $Q_b$  compense partiellement les pertes thermiques.



$$Q_b = Q_t + Q_{ai}$$



(a) faible isolation

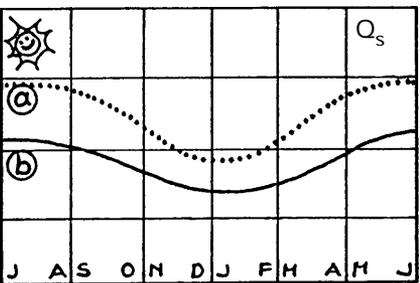
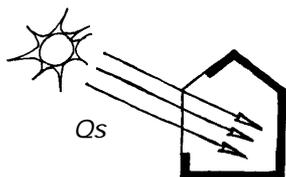
(b) forte isolation

(26)

La demande de chaleur du bâtiment dépend directement de la différence entre température intérieure et température extérieure:  $\Delta T = T_{int} - T_{ext}$ . Les besoins en énergie sont à leur maximum en hiver quand  $\Delta T$  est maximum. L'amplitude des besoins est définie par la qualité de l'isolation de l'enveloppe et par le taux de renouvellement d'air.

#### APPORTS SOLAIRES ( $Q_s$ )

ils compensent partiellement les déperditions thermiques



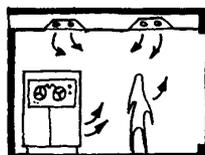
(a) énergie solaire incidente par  $m^2$  d'ouverture.

(b) apports solaires après les vitrages. Ils dépendent de l'efficacité du dispositif de captage, soit: stores, cadres, masques, qualité du vitrage, rideaux, etc.

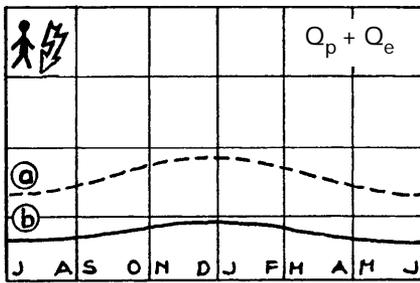
(27)

#### APPORTS INTERNES ( $Q_{ap}$ )

chaleur dégagée par les occupants  $Q_p$  et les appareils électriques  $Q_{él}$ ; compensent partiellement les déperditions thermiques.



$$Q_{ap} = Q_p + Q_{él}$$



(a) bâtiment administratif. Les apports internes sont importants: éclairage et ordinateurs. Les bâtiments d'écoles ont un profil comparable, bien que la source de chaleur principale soient les élèves.

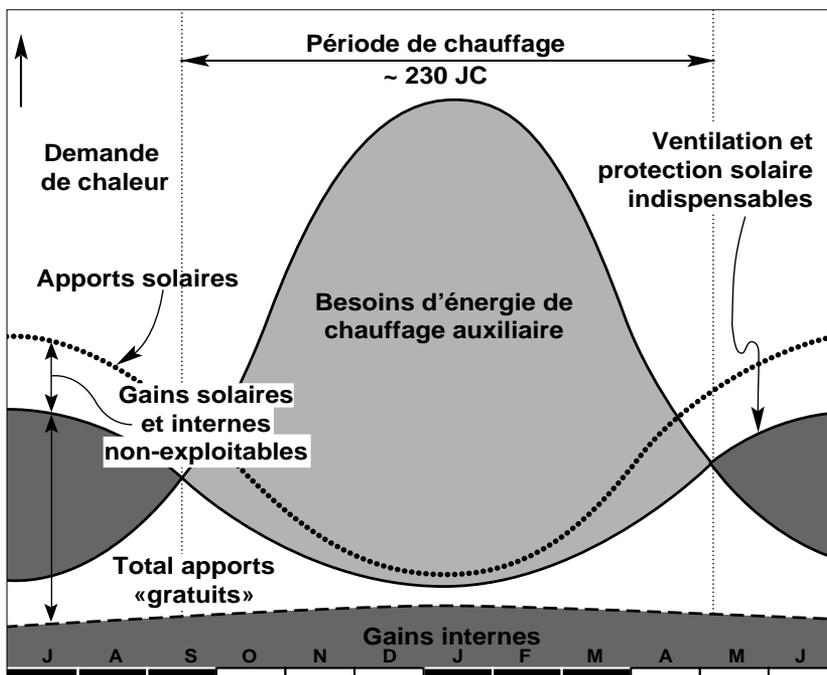
(28)

En général on peut constater une légère augmentation des apports internes durant l'hiver. Ceci est dû à l'éclairage artificiel.

**BILAN ANNUEL**

Cette représentation permet de constater qu'il y a un lien direct entre la conception du bâtiment et son comportement face au climat.

En superposant sur un graphique l'addition des gains internes et solaires avec les pertes (29), on peut «calculer» les besoins en chauffage car ils constituent la différence entre les besoins de chaleur et les apports de chaleur utilisables:  $Q_{ch} = Q_b - f_{ap}(Q_s + Q_p + Q_{el})$ ,  $f_{ap}$  définit le taux d'utilisation des apports «gratuits» (soleil, personnes, appareils électriques), c'est-à-dire la capacité du bâtiment et la volonté de l'utilisateur à utiliser cette énergie.



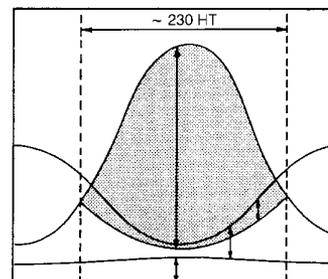
**REMARQUES**

La surface comprise entre deux courbes représente une quantité d'énergie. Plus la surface est grande, plus la quantité d'énergie l'est aussi. Ce graphique permet de saisir rapidement le fonctionnement thermique d'un bâtiment au cours de l'année et de mettre en évidence l'importance des différents dispositifs à mettre en œuvre.

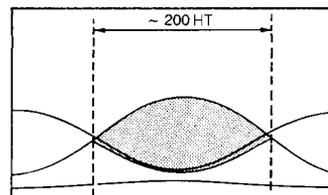
**PROFILS TYPES**

Chaque bâtiment est caractérisé par un bilan (profil) énergétique représentatif.

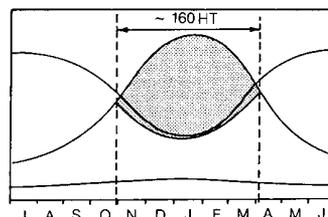
Bâtiment conventionnel: période de chauffage longue; consommation d'énergie importante.



Bâtiment à basse consommation d'énergie fortement isolé avec gains normaux d'énergie solaire: période de chauffage longue, puissance de chaudière faible.



Bâtiment à basse consommation d'énergie avec exploitation passive d'énergie solaire: période de chauffage courte, puissance de pointe de la chaudière plus importante.



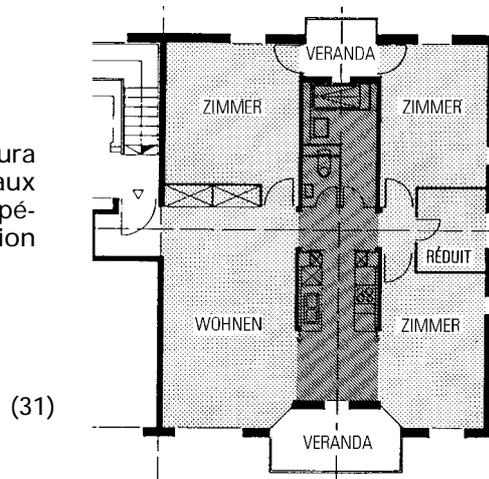
(30)

## A4 Typologie et implantation

En premier lieu il est indispensable de limiter des déperditions thermiques et d'optimiser les apports solaires et leur conservation. En plus d'une bonne isolation de l'enveloppe, le zonage thermique et la géométrie de l'enveloppe constituent des éléments permettant de réduire les besoins de chauffage.

### A4.1 Zonage thermique

Du point de vue thermique on aura avantage à regrouper les locaux présentant des niveaux de température et des durées d'occupation comparables.



Regroupement des surfaces en plan:

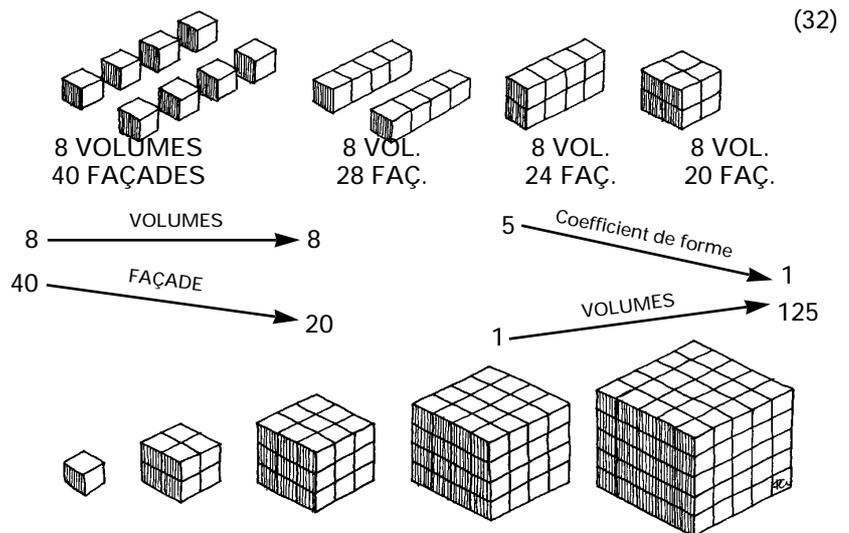
- concentrer les locaux les plus exigeants en température au centre du bâtiment.
- répartir les locaux moins chauffés dans la périphérie.

CHAUD   
 TEMPÉRÉ   
 NON-CHAUFFÉ

*Immeubles locatifs à Préverenges (Fiche No. 5)*

### A4.2 Géométrie de l'enveloppe

La taille et la géométrie du bâtiment conditionnent en partie les besoins de chauffage. Des bâtiments mitoyens auront moins de déperditions thermiques par transmission que des bâtiments isolés. De même des bâtiments compacts par rapport à des bâtiments étroits avec beaucoup de décrochements. De même encore des bâtiments de grand volume (administratifs) par rapport à des petites villas.

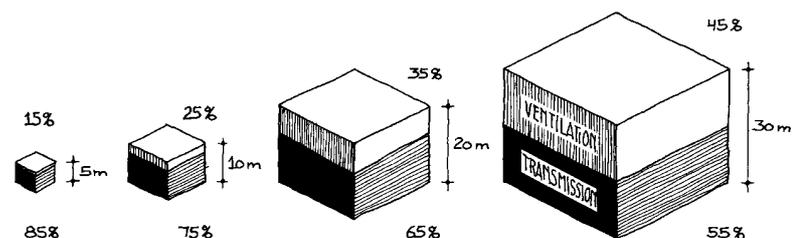


#### FACTEUR DE FORME

Cet effet de la forme de l'enveloppe peut être évalué par le facteur de forme, qui est défini comme la surface de l'enveloppe en contact avec l'air extérieur divisée par le volume du bâtiment.

|        |         |         |         |          |
|--------|---------|---------|---------|----------|
| 5 FAÇ. | 20 FAÇ. | 45 FAÇ. | 80 FAÇ. | 125 FAÇ. |
| 1 VOL. | 8 VOL.  | 27 VOL. | 64 VOL. | 125 VOL. |

*Facteur de forme: évolution pour différents types d'agrégation et dimensions d'un cube.*



Ce facteur peut varier de  $> 1$  à  $< 0,2$ , relativisant pour les grands bâtiments l'importance d'une bonne isolation de façade. Par contre, il sera d'autant plus important de bien étudier les systèmes de ventilation et d'aération qui constituent dans ce cas la plus grande source de déperditions.

*% ventilation et transmission en fonction du volume d'un cube. (Renouvellement d'air: 0,5 V/h; transmission thermique  $k = 0,65 \text{ W/m}^2\text{k}$ )*

### A4.3 Orientation des espaces

La plupart des cours d'architecture proposent une disposition des activités et des locaux correspondants établie en fonction de l'orientation et du mouvement du soleil (34). Ces indications ne sont pas impératives, bien sûr, mais importantes, puisqu'elles génèrent un mode de vie et une qualité de relation à l'environnement.

*Organisation des espaces selon Neufert (1955).*

#### PLANS TYPES

##### Typologie Nord-Sud

Les immeubles d'habitation avec les façades principales nord-sud regroupent les locaux habitables au sud et les services au nord. Il s'agit de petits logements ou de logements sur deux niveaux avec au maximum une chambre côté nord.

La façade sud présente dans ce cas un bon potentiel pour l'utilisation de l'énergie solaire.

##### RECOMMANDATIONS:

- Regrouper au nord les locaux à faibles besoins thermiques et lumineux (entrées, circulations sanitaires...)
- Regrouper au sud les pièces plus utilisées pendant la journée (séjour, chambres des enfants, cuisine...)

##### Typologie Est-Ouest

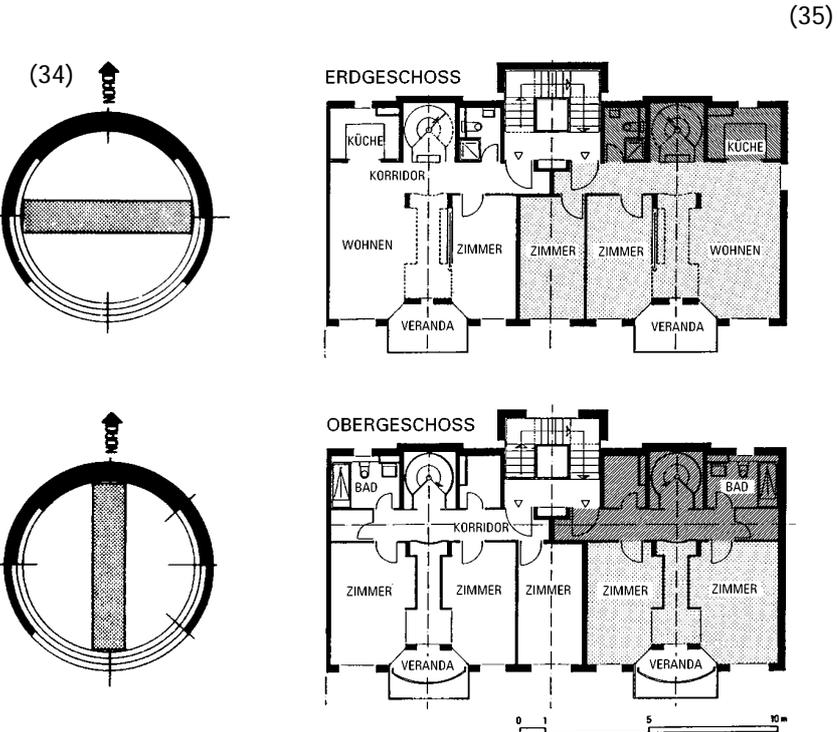
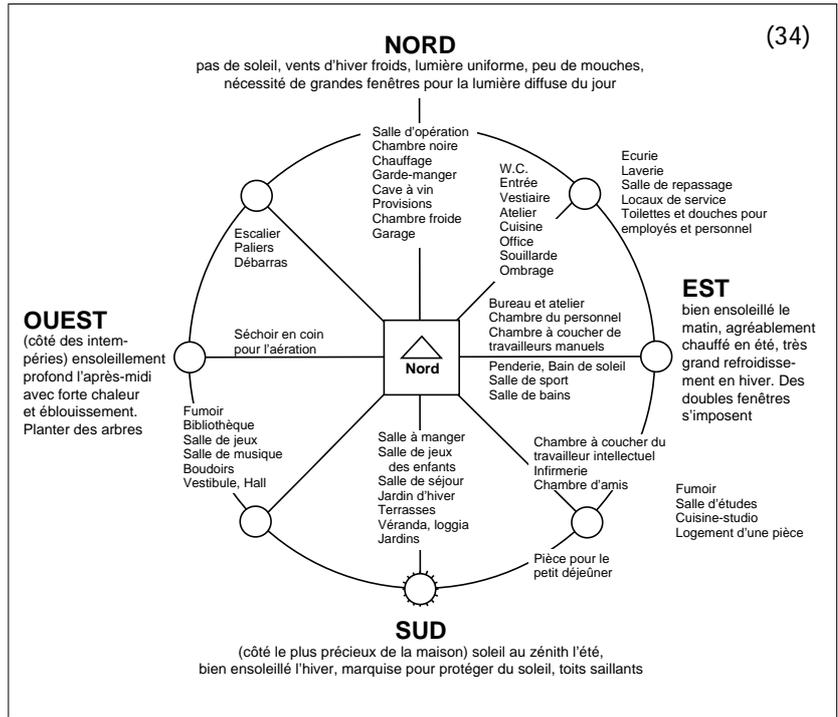
Les façades principales est-ouest sont plus adaptées à des grands appartements traversants avec séparation jour (ouest), nuit (est).

##### INCONVÉNIENTS:

Peu de soleil l'hiver et nécessité de protéger les façades l'été.

##### Orientations intermédiaires

Les orientations intermédiaires peuvent proposer un compromis entre ces deux situations opposées et permettre une adaptation au climat local (par exemple brouillards matinaux).



*Immeubles locatifs à Préverenges, typologie NORD-SUD, duplex.*

#### A4.4 Implantation

Le potentiel solaire passif des constructions est largement déterminé par l'implantation des bâtiments.

Les relations qui résultent de la confrontation aux autres bâtiments, aux arbres et à la topographie conditionnent les gênes provenant des ombres portées.

L'implantation de bâtiments modifie le microclimat dans leur environnement immédiat et favorise, ou aggrave, les conditions climatiques pour les immeubles voisins; voire surtout pour les espaces extérieurs.

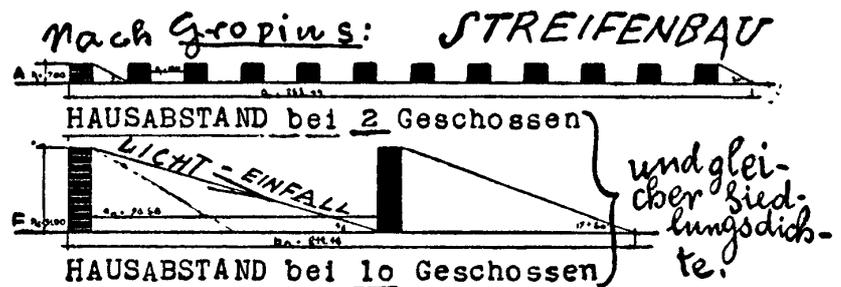


Zone urbaine, square Montchoisy à Genève, architecte Brallard (36)

#### DENSITÉ

##### FORTE

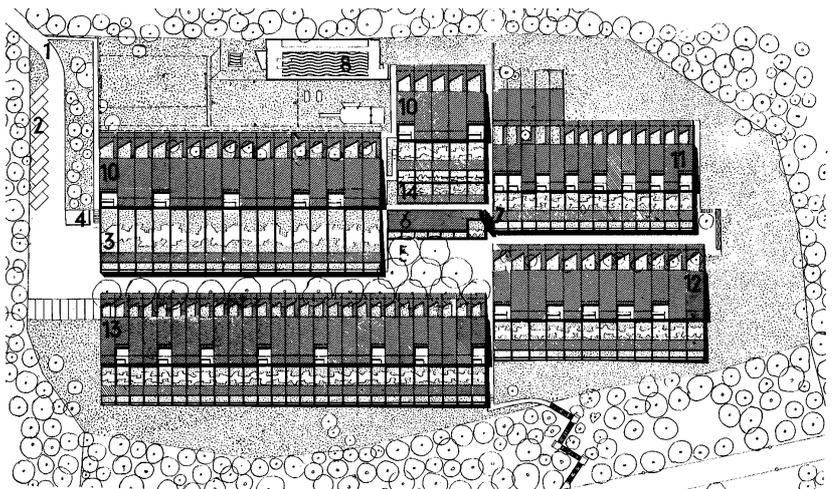
Les sites urbains sont souvent de petite taille et avec un taux d'occupation élevé, ce qui implique un choix d'implantation limité. Préserver l'accès au soleil de la parcelle et par la suite des parcelles ou bâtiments environnants est difficile. En revanche, cette densité élevée suppose une meilleure protection climatique et permet des aménagements qui tirent parti de cette particularité (36).



Etude d'ensoleillement pour des immeubles nord-sud (37)

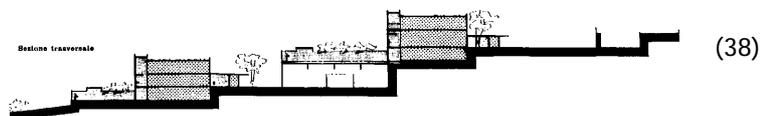
##### MOYENNE

Les zones périphériques, lors de l'élaboration de plans de quartier, laissent une plus grande liberté d'implantation tout en imposant des densités qui nécessitent une étude attentive de l'ensoleillement. Et, dès trois ou quatre étages, excluent la possibilité de jardins privés (37).



##### FAIBLE

En zone suburbaine, la géométrie des parcelles, les règlements communaux ou de quartier, l'arborisation, les accès conditionnent, souvent, l'orientation et le gabarit des bâtiments (38).



Implantation en zone périurbaine  
Siedlung Halen Berne, architectes Atelier 5

Il existe différents outils, simples, qui permettent l'étude de l'ensoleillement du site, le relevé des masques, puis l'étude des ombres portées et propres sur le projet. Il s'agit de simuler le mouvement apparent du soleil afin de prévoir le comportement du bâtiment et des dispositifs solaires dans la réalité.

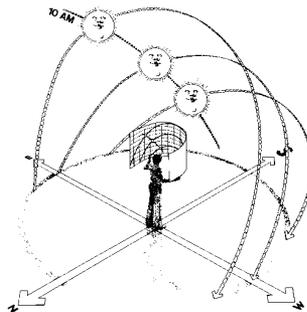
### A4.5 Ensoleillement du site

#### MOUVEMENT APPARENT DU SOLEIL

Projection cylindrique et stéréographique: ces méthodes permettent une estimation de la diminution du rayonnement global en fonction des masques pour un point précis dans l'espace. Elles facilitent le choix de l'implantation du projet en tenant compte des masques (accès au soleil).

La position du soleil est décrite par sa hauteur par rapport à l'horizontale et son azimut (direction par rapport au Nord). Les positions pour les différentes heures et mois sont représentées sur un graphique.

(39)



Projection cylindrique

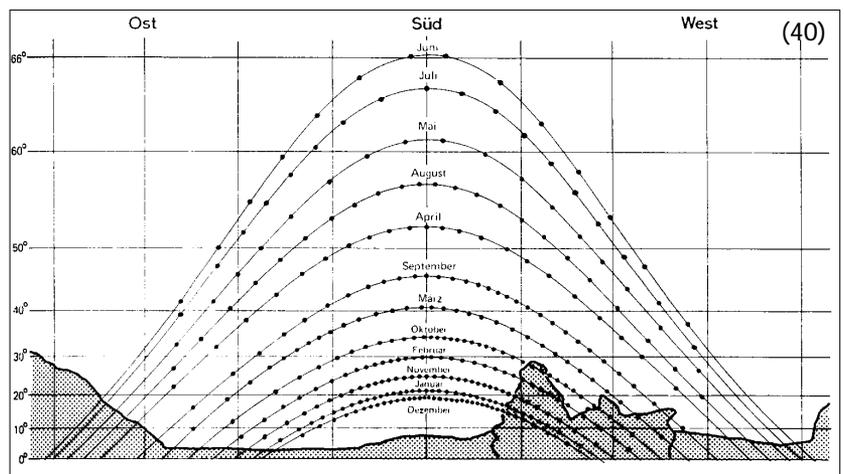


Relevé des masques

#### RELEVÉ DES MASQUES

Chaque point dans l'espace peut également être décrit par sa hauteur et son azimut. La superposition du graphique de mouvement apparent du soleil avec le relevé des masques permet une lecture directe des heures et des jours de visibilité du soleil (par beau temps).

#### PROJECTION CYLINDRIQUE



(40)

Chaque point masqué représente une diminution du rayonnement global de 2%. Suivant l'espèce et sa densité on peut considérer la végétation comme masque saisonnier (ombrage en été, plus ou moins transparent en hiver...). Voir méthode complète dans Document SIA D010.

#### OUTILS

il existe différents outils qui permettent le relevé des masques:

héliochron: un cylindre transparent sur lequel sont imprimés les trajectoires du soleil est nivelé et orienté au sud. A travers un point on repère les masques que l'on reporte dans un diagramme prévu à cet effet;

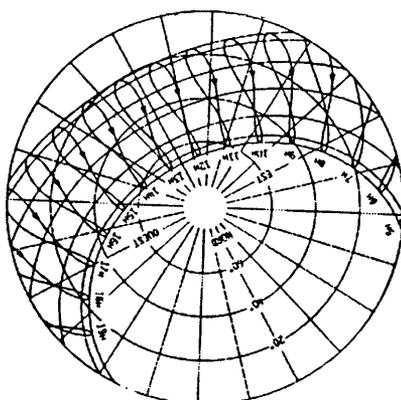
une autre méthode simple et peu onéreuse consiste à utiliser une boussole, un rapporteur et un niveau...

**PROJECTION STÉRÉOGRAPHIQUE**

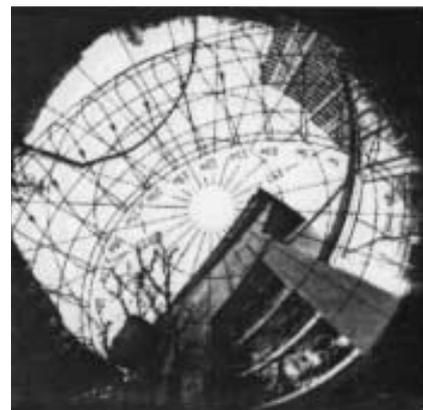
Photographie avec un objectif «fisheye» (angle d'ouverture 180°) à laquelle on superpose le mouvement du soleil. Cette méthode permet une vérification précise et rapide des masques pour les différents points analysés. Elle est particulièrement adaptée pour déterminer l'implantation du projet. (*Méthode en annexe*)



photo du site



mouvement du soleil



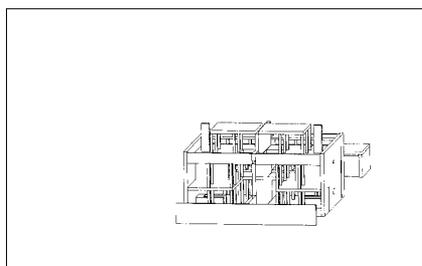
superposition

**A3.6 Simulation d'ensoleillement**

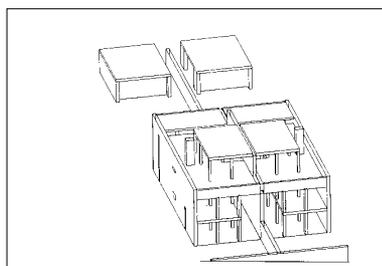
Toutes les méthodes de simulation permettent la visualisation de l'ensoleillement du projet, aux différentes échelles, du détail jusqu'au plan masse.

**SIMULATION ORDINATEUR**  
Simulation du mouvement du soleil sur ordinateur: logiciels CAO.

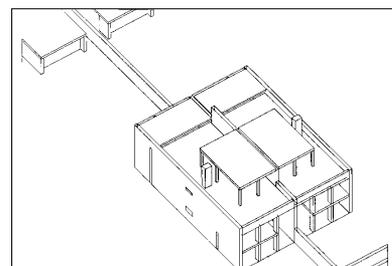
Le spectateur regarde l'objet depuis la position calculée du soleil. Ainsi toute partie invisible dans la perspective peut être considérée ombrée. Car, de même que pour le spectateur, ces surfaces sont «invisibles» pour les rayons de soleil.



21 juin - 5 h.



21 juin - 7 h.



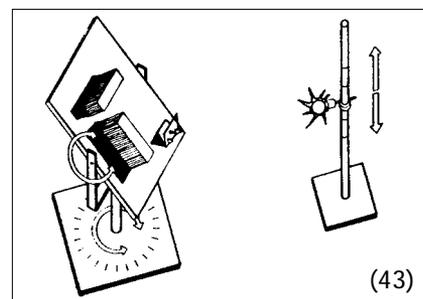
21 juin - 9 h.

(42)

Cette méthode s'adresse particulièrement aux bureaux étant déjà équipés d'une installation de CAO.

**SIMULATION MAQUETTE**  
Simulation du mouvement du soleil à l'aide d'une maquette d'étude:

La maquette est exposée au soleil. Un cadran solaire fixé sur la maquette indique l'heure et le jour qui correspondent à cette orientation.



(43)

Au-delà d'un simple «calcul» des ombres, cette méthode offre une appréciation qualitative de «l'espace-lumière» et se prête à l'étude des dispositifs d'éclairage naturel (daylighting).

Des variantes plus sophistiquées consistent à utiliser un ciel artificiel et des lux-mètres permettant de fournir des résultats quantitatifs. Cette méthode est particulièrement indiquée pour l'étude d'écoles, de musées et de bâtiments administratifs. (*Cadran solaire en annexe*)

---

# ANNEXES

# AX1 Confort

Les besoins de confort du corps humain déterminent les prestations de climat intérieur que doit assurer l'habitat.

## NIVEAUX DE CONTRÔLE DU CONFORT:

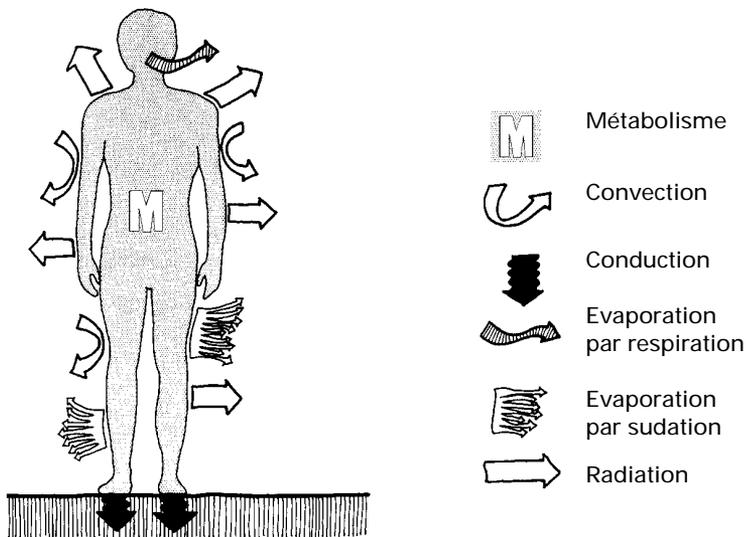
Parmi les multiples facteurs qui interviennent sur la sensation de confort, la température et la lumière ont une importance particulière dans la conception solaire.

## TEMPÉRATURE

On peut déterminer la température de confort en fonction de l'activité (met) et de l'habillement (clo).

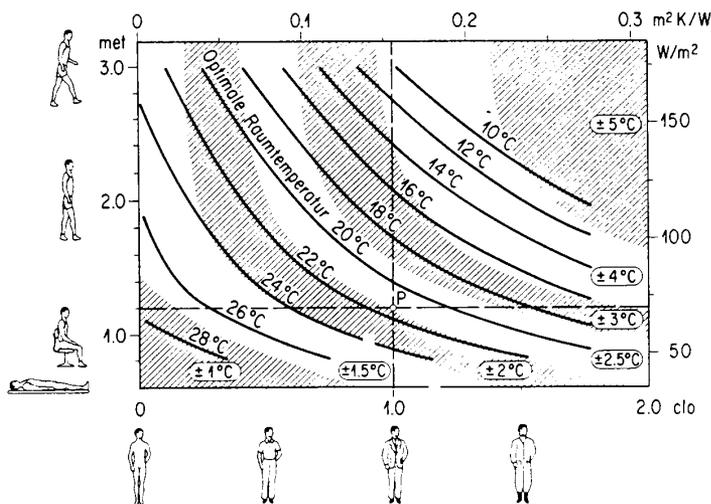
## ÉCLAIRAGE

De même, les besoins d'éclairage sont fonction du type d'activité.



(44)

Une première régulation du confort est effectuée au niveau du métabolisme et par sudation de la peau. Les vêtements constituent une deuxième peau qui permet de réduire les pertes de chaleur. Dans la même logique, l'enveloppe de l'habitat, qui en plus sert à délimiter l'espace pour diverses activités, agit comme peau régulatrice entre climats extérieur et intérieur.



(45)

Ainsi une personne normalement habillée et effectuant un travail assis (de type tertiaire) a besoin d'une température ambiante de 21° ± 2,5° C.

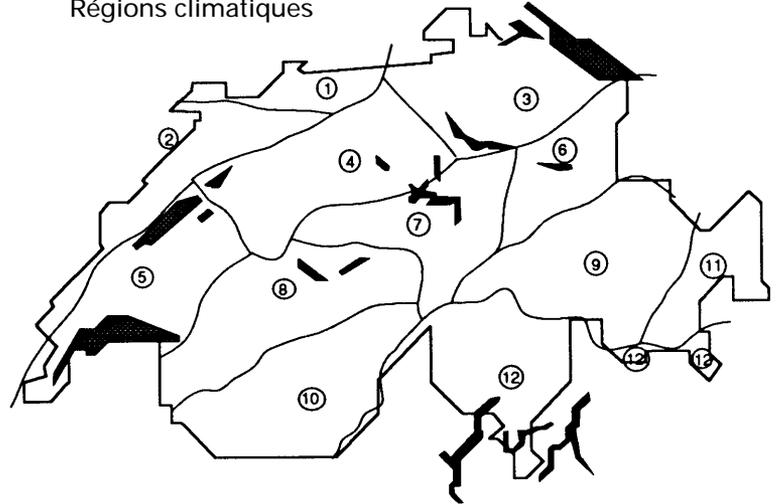
|                                |   |                     |                      |                        |                         |                          |
|--------------------------------|---|---------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                                |   |                     |                      |                        |                         |                          |
| 0,1                            | 1 | 10 Lux              | 100 Lux              | 1.000 Lux              | 10.000                  | 100.000                  |
| ENTSPRECHENDE TAGESLICHTSTÄRKE |   | 1 W/m <sup>2</sup>  | 10 W/m <sup>2</sup>  | 100 W/m <sup>2</sup>   | 1.000 W/m <sup>2</sup>  | 10.000 W/m <sup>2</sup>  |
| FLUORESZENZ-RÖHRE              |   | 3 W/m <sup>2</sup>  | 30 W/m <sup>2</sup>  | 300 W/m <sup>2</sup>   | 3.000 W/m <sup>2</sup>  | 30.000 W/m <sup>2</sup>  |
| GLÜHLAMPE                      |   | 18 W/m <sup>2</sup> | 180 W/m <sup>2</sup> | 1.800 W/m <sup>2</sup> | 18.000 W/m <sup>2</sup> | 180.000 W/m <sup>2</sup> |

Au-delà de la «quantité» de lumière, il faut bien étudier les problèmes d'éblouissement et de rendu des couleurs («qualité» de l'éclairage). Voir A2.3 et C5.

# AX2 Données météo

Régions climatiques

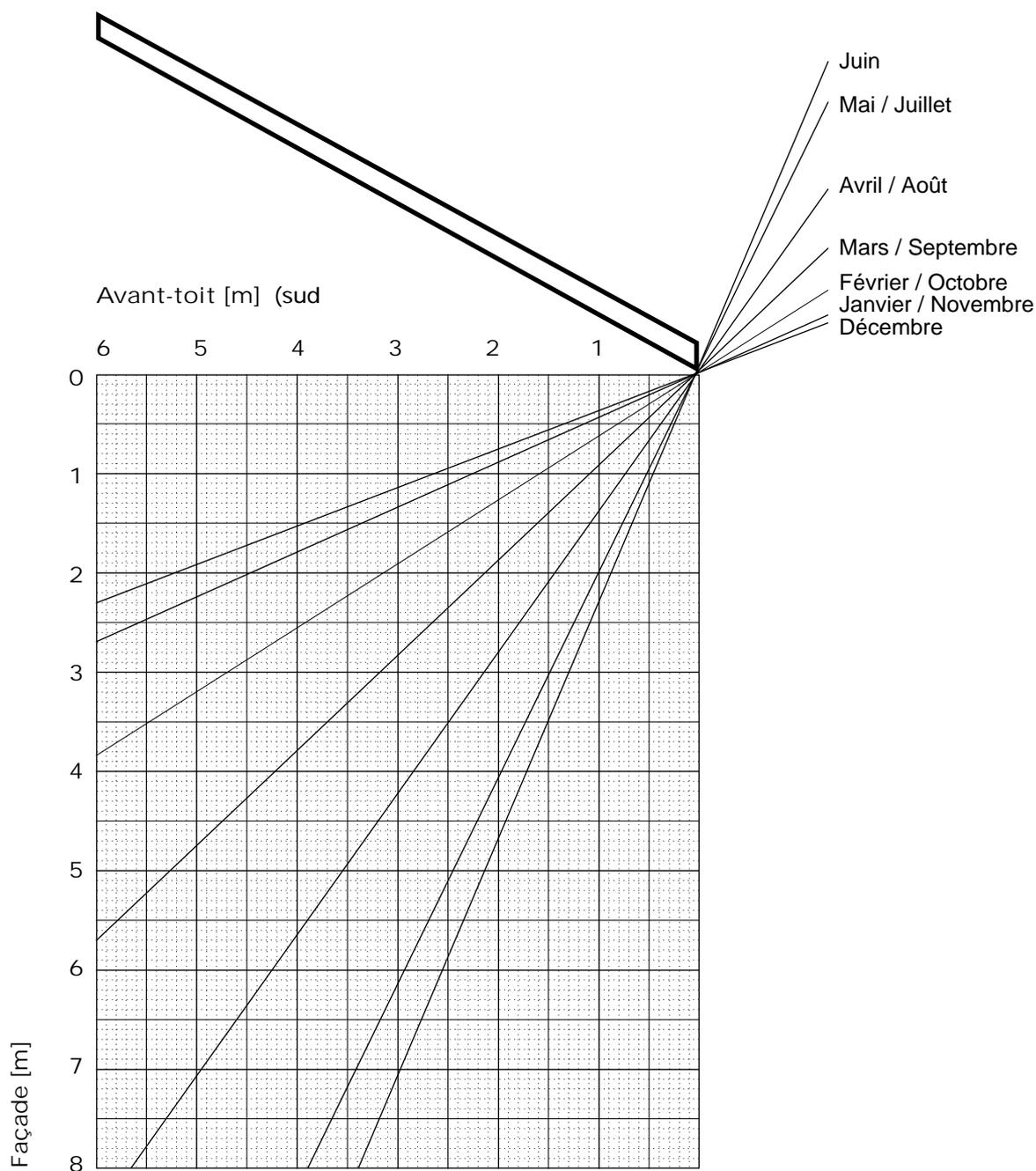
- 1 Jura oriental
- 2 Jura occidental
- 3 N-E du Plateau
- 4 Plateau central
- 5 Ouest du Plateau
- 6 Nord Alpes orientales
- 7 Nord Alpes centrales
- 8 Nord Alpes occidentales
- 9 Grisons nord et centre
- 10 Valais
- 11 Engadine
- 12 Sud des Alpes



Te température extérieure (°C)  
 DJ degrés-jours de chauffage 20/12 (K\*jours)  
 Gh plan horizontal (MJ/m<sup>2</sup>)  
 Gs plan vertical Sud (MJ/m<sup>2</sup>)  
 Ge plan vertical Est (MJ/m<sup>2</sup>)  
 Gw plan vertical Ouest (MJ/m<sup>2</sup>)  
 Gn plan vertical Nord (MJ/m<sup>2</sup>)

|       | Te                             | DJ   | Gh   | Gs   | Ge   | Gw   | Gn   | Te                                 | DJ   | Gh   | Gs   | Ge   | Gw   | Gn                          | Te   | DJ   | Gh   | Gs   | Ge   | Gw   | Gn   |       |
|-------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------------------------------------|------|------|------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|       | Région 1 Bâle Alt: 316 m       |      |      |      |      |      |      | Région 2 Chaux-de-Fonds Alt: 990 m |      |      |      |      |      | Région 3 Zurich Alt: 556 m  |      |      |      |      |      |      |      |       |
| jan   | 0                              | 619  | 114  | 181  | 70   | 81   | 40   | -1                                 | 659  | 136  | 216  | 83   | 97   | 48                          | -1   | 655  | 106  | 169  | 65   | 75   | 37   | jan   |
| fév   | 2                              | 500  | 166  | 217  | 96   | 110  | 48   | 0                                  | 559  | 198  | 259  | 115  | 131  | 57                          | 1    | 533  | 179  | 234  | 104  | 118  | 52   | fév   |
| mar   | 5                              | 465  | 294  | 276  | 168  | 168  | 76   | 2                                  | 557  | 329  | 309  | 188  | 188  | 86                          | 4    | 502  | 316  | 297  | 180  | 180  | 82   | mar   |
| avr   | 10                             | 273  | 439  | 307  | 237  | 241  | 105  | 7                                  | 390  | 484  | 341  | 263  | 268  | 117                         | 9    | 305  | 458  | 321  | 247  | 252  | 110  | avr   |
| mai   | 13                             | 120  | 534  | 283  | 283  | 278  | 150  | 10                                 | 257  | 559  | 296  | 296  | 291  | 157                         | 12   | 167  | 579  | 307  | 307  | 301  | 162  | mai   |
| juin  | 17                             | 27   | 593  | 279  | 308  | 297  | 166  | 14                                 | 97   | 605  | 284  | 315  | 303  | 169                         | 16   | 54   | 618  | 390  | 321  | 309  | 173  | juin  |
| juil  | 18                             | 7    | 626  | 307  | 319  | 319  | 163  | 16                                 | 46   | 649  | 318  | 331  | 331  | 169                         | 18   | 22   | 657  | 322  | 335  | 335  | 171  | juil  |
| aoû   | 17                             | 8    | 511  | 327  | 276  | 276  | 112  | 15                                 | 59   | 532  | 340  | 287  | 287  | 117                         | 16   | 26   | 531  | 340  | 287  | 287  | 117  | aoû   |
| sep   | 15                             | 47   | 380  | 342  | 209  | 224  | 87   | 13                                 | 120  | 401  | 361  | 221  | 237  | 92                          | 14   | 74   | 389  | 350  | 214  | 230  | 89   | sep   |
| oct   | 10                             | 233  | 255  | 306  | 143  | 156  | 69   | 9                                  | 302  | 219  | 349  | 163  | 178  | 79                          | 10   | 261  | 248  | 298  | 139  | 151  | 67   | oct   |
| nov   | 5                              | 442  | 123  | 197  | 73   | 82   | 38   | 4                                  | 489  | 141  | 226  | 83   | 94   | 44                          | 4    | 471  | 121  | 194  | 71   | 81   | 38   | nov   |
| dec   | 3                              | 607  | 95   | 178  | 62   | 71   | 35   | -1                                 | 650  | 120  | 224  | 78   | 90   | 44                          | -1   | 647  | 83   | 155  | 54   | 62   | 31   | dec   |
| total | 9.58                           | 3348 | 4130 | 3200 | 2244 | 2303 | 1089 | 7.33                               | 4185 | 4373 | 3523 | 2423 | 2495 | 1179                        | 8.5  | 3717 | 4285 | 3377 | 2324 | 2381 | 1129 | total |
|       | Région 4 Berne Alt: 572 m      |      |      |      |      |      |      | Région 5 Genève Alt: 405 m         |      |      |      |      |      | Région 6 Glaris Alt: 480 m  |      |      |      |      |      |      |      |       |
| jan   | -1                             | 661  | 111  | 176  | 68   | 79   | 39   | 1                                  | 591  | 104  | 165  | 63   | 74   | 36                          | -2   | 683  | 130  | 207  | 79   | 92   | 46   | jan   |
| fév   | 1                              | 532  | 178  | 233  | 103  | 117  | 52   | 3                                  | 481  | 180  | 236  | 104  | 119  | 52                          | 0    | 554  | 193  | 253  | 112  | 127  | 56   | fév   |
| mar   | 4                              | 499  | 310  | 291  | 177  | 177  | 81   | 5                                  | 451  | 331  | 311  | 189  | 189  | 86                          | 3    | 530  | 330  | 310  | 188  | 188  | 86   | mar   |
| avr   | 9                              | 305  | 457  | 320  | 247  | 251  | 110  | 10                                 | 250  | 479  | 335  | 259  | 263  | 115                         | 8    | 318  | 449  | 314  | 242  | 247  | 108  | avr   |
| mai   | 12                             | 148  | 555  | 294  | 294  | 289  | 155  | 14                                 | 85   | 587  | 311  | 311  | 305  | 164                         | 12   | 172  | 565  | 299  | 299  | 294  | 158  | mai   |
| juin  | 16                             | 42   | 625  | 294  | 325  | 313  | 175  | 18                                 | 11   | 655  | 308  | 341  | 328  | 183                         | 16   | 50   | 595  | 280  | 309  | 298  | 167  | juin  |
| juil  | 18                             | 16   | 657  | 322  | 335  | 335  | 171  | 20                                 | 0    | 702  | 344  | 358  | 358  | 183                         | 17   | 22   | 630  | 309  | 321  | 321  | 164  | juil  |
| aoû   | 17                             | 17   | 528  | 338  | 285  | 285  | 116  | 19                                 | 0    | 562  | 360  | 303  | 303  | 124                         | 17   | 27   | 526  | 337  | 284  | 284  | 116  | aoû   |
| sep   | 15                             | 66   | 394  | 355  | 217  | 232  | 91   | 16                                 | 24   | 400  | 360  | 220  | 236  | 92                          | 14   | 86   | 401  | 361  | 221  | 237  | 92   | sep   |
| oct   | 10                             | 262  | 256  | 307  | 143  | 156  | 69   | 11                                 | 202  | 248  | 298  | 139  | 151  | 67                          | 10   | 287  | 278  | 334  | 156  | 170  | 57   | oct   |
| nov   | 4                              | 475  | 121  | 194  | 71   | 81   | 38   | 6                                  | 409  | 115  | 184  | 68   | 77   | 36                          | 4    | 469  | 133  | 213  | 78   | 89   | 41   | nov   |
| dec   | -1                             | 645  | 92   | 172  | 60   | 69   | 34   | 2                                  | 568  | 83   | 155  | 54   | 62   | 31                          | -2   | 678  | 105  | 196  | 68   | 79   | 39   | dec   |
| total | 8.67                           | 3668 | 4284 | 3296 | 2325 | 2384 | 1131 | 10.4                               | 3072 | 4446 | 3367 | 2409 | 2465 | 1169                        | 8.08 | 3876 | 4335 | 3413 | 2357 | 2426 | 1130 | total |
|       | Région 7 Göschenen Alt: 1109 m |      |      |      |      |      |      | Région 8 Interlaken Alt: 568 m     |      |      |      |      |      | Région 9 Davos Alt: 1561 m  |      |      |      |      |      |      |      |       |
| jan   | -3                             | 700  | 144  | 229  | 88   | 102  | 50   | -1                                 | 662  | 137  | 218  | 84   | 97   | 48                          | -6   | 813  | 174  | 277  | 106  | 124  | 61   | jan   |
| fév   | -2                             | 611  | 212  | 278  | 123  | 140  | 61   | 0                                  | 549  | 187  | 245  | 108  | 123  | 54                          | -5   | 712  | 247  | 324  | 143  | 164  | 72   | fév   |
| mar   | 0                              | 606  | 367  | 345  | 209  | 209  | 95   | 3                                  | 520  | 324  | 305  | 185  | 185  | 84                          | -3   | 700  | 428  | 402  | 244  | 244  | 111  | mar   |
| avr   | 5                              | 456  | 493  | 345  | 266  | 271  | 118  | 8                                  | 318  | 439  | 307  | 237  | 241  | 105                         | 2    | 528  | 543  | 380  | 293  | 299  | 130  | avr   |
| mai   | 8                              | 325  | 590  | 313  | 313  | 307  | 165  | 12                                 | 153  | 540  | 286  | 286  | 281  | 151                         | 7    | 401  | 615  | 326  | 326  | 320  | 172  | mai   |
| juin  | 12                             | 155  | 594  | 279  | 309  | 297  | 166  | 16                                 | 47   | 580  | 273  | 302  | 290  | 162                         | 11   | 214  | 596  | 280  | 310  | 298  | 167  | juin  |
| juil  | 14                             | 104  | 626  | 307  | 319  | 319  | 163  | 17                                 | 19   | 626  | 307  | 319  | 319  | 163                         | 12   | 151  | 633  | 310  | 323  | 323  | 165  | juil  |
| aoû   | 13                             | 124  | 515  | 330  | 278  | 278  | 113  | 16                                 | 24   | 515  | 330  | 278  | 278  | 113                         | 11   | 195  | 548  | 351  | 296  | 296  | 121  | aoû   |
| sep   | 12                             | 186  | 400  | 360  | 220  | 220  | 92   | 14                                 | 78   | 400  | 360  | 220  | 236  | 92                          | 9    | 282  | 445  | 401  | 245  | 263  | 102  | sep   |
| oct   | 8                              | 358  | 302  | 362  | 169  | 169  | 82   | 9                                  | 299  | 292  | 350  | 164  | 178  | 79                          | 5    | 460  | 339  | 407  | 190  | 207  | 92   | oct   |
| nov   | 2                              | 529  | 148  | 237  | 87   | 87   | 46   | 4                                  | 483  | 144  | 230  | 85   | 96   | 45                          | -1   | 618  | 184  | 294  | 109  | 123  | 57   | nov   |
| dec   | -2                             | 695  | 126  | 236  | 82   | 82   | 47   | -1                                 | 648  | 119  | 223  | 77   | 89   | 44                          | 7    | 807  | 155  | 290  | 101  | 116  | 57   | dec   |
| total | 5.58                           | 4849 | 4517 | 3621 | 2463 | 2481 | 1198 | 8.08                               | 3800 | 4303 | 3434 | 2345 | 2413 | 1140                        | 4.08 | 5881 | 4907 | 4042 | 2686 | 2777 | 1307 | total |
|       | Région 10 Sion Alt: 549 m      |      |      |      |      |      |      | Région 11 Saint-Moritz Alt: 1833m  |      |      |      |      |      | Région 12 Lugano Alt: 275 m |      |      |      |      |      |      |      |       |
| jan   | -1                             | 639  | 148  | 235  | 90   | 105  | 52   | -7                                 | 847  | 151  | 240  | 92   | 107  | 53                          | 2    | 561  | 148  | 235  | 90   | 105  | 52   | jan   |
| fév   | 2                              | 502  | 219  | 287  | 127  | 145  | 64   | -6                                 | 736  | 246  | 322  | 143  | 162  | 71                          | 4    | 450  | 202  | 265  | 117  | 133  | 59   | fév   |
| mar   | 6                              | 445  | 383  | 360  | 218  | 218  | 100  | -4                                 | 734  | 435  | 409  | 248  | 248  | 113                         | 7    | 382  | 358  | 337  | 204  | 204  | 93   | mar   |
| avr   | 10                             | 227  | 521  | 365  | 281  | 287  | 125  | 1                                  | 573  | 556  | 389  | 300  | 306  | 133                         | 12   | 185  | 478  | 335  | 258  | 263  | 115  | avr   |
| mai   | 14                             | 74   | 611  | 324  | 324  | 318  | 171  | 5                                  | 454  | 640  | 339  | 339  | 333  | 179                         | 15   | 36   | 562  | 298  | 298  | 292  | 157  | mai   |
| juin  | 18                             | 11   | 665  | 313  | 346  | 333  | 186  | 9                                  | 290  | 634  | 298  | 330  | 317  | 178                         | 19   | 5    | 653  | 307  | 340  | 327  | 183  | juin  |
| juil  | 20                             | 2    | 715  | 350  | 365  | 365  | 186  | 11                                 | 209  | 672  | 329  | 343  | 343  | 175                         | 21   | 0    | 701  | 343  | 358  | 358  | 182  | juil  |
| aoû   | 18                             | 4    | 582  | 372  | 314  | 314  | 128  | 10                                 | 249  | 551  | 353  | 298  | 298  | 121                         | 20   | 0    | 561  | 359  | 303  | 303  | 123  | aoû   |
| sep   | 16                             | 34   | 447  | 402  | 246  | 264  | 103  | 8                                  | 341  | 433  | 390  | 238  | 255  | 100                         | 18   | 5    | 394  | 355  | 217  | 232  | 91   | sep   |
| oct   | 11                             | 215  | 319  | 383  | 179  | 159  | 86   | 4                                  | 493  | 336  | 403  | 188  | 205  | 91                          | 13   | 112  | 301  | 361  | 169  | 184  | 81   | oct   |
| nov   | 5                              | 451  | 163  | 261  | 96   | 109  | 51   | -2                                 | 646  | 168  | 269  | 99   | 113  | 52                          | 7    | 375  | 153  | 245  | 90   | 103  | 47   | nov   |
| dec   | 0                              | 633  | 135  | 252  | 88   | 101  | 50   | -7                                 | 835  | 136  | 254  | 88   | 102  | 50                          | 3    | 533  | 147  | 275  | 96   | 110  | 54   | dec   |
| total | 9.92                           | 3237 | 4908 | 3904 | 2674 | 2718 | 1302 | 1.83                               | 6407 | 4958 | 3995 | 2706 | 2789 | 1316                        | 11.8 | 2644 | 4658 | 3715 | 2540 | 2614 | 1237 | total |
|       | Te                             | DJ   | Gh   | Gs   | Ge   | Gw   | Gn   | Te                                 | DJ   | Gh   | Gs   | Ge   | Gw   | Gn                          | Te   | DJ   | Gh   | Gs   | Ge   | Gw   | Gn   |       |

# AX3 Calculatrice d'ombrage



Graphique permettant de déterminer la largeur d'un avant-toit, destiné à protéger du soleil en été, tout en assurant des gains solaires maximaux en hiver.

Calculer l'avant-toit en fonction de la hauteur de façade à protéger et des mois où il y a risque de surchauffe (juin - juillet).

*(valable pour des orientations sud  $\pm 30^\circ$  et des latitudes entre  $45^\circ$  et  $48^\circ$  nord)*

## AR Références pour les figures et illustrations

|  |          |
|--|----------|
| SIA D 035 «Demonstrationsprojekt Schulhaus Gumpenwiesen», janvier 1989                   | (4)      |
| «Ingénieurs et Architectes Suisses», janvier 1984  | (8)      |
| «Les cahiers du service de chauffage», Ville de Genève, septembre 1989                   | (11, 12) |
| Norme SIA 380/1  | (13)     |
| «Relevés de constructions rurales du canton de Vaud», 1972, EPFL, F. Aubry               | (14, 15) |
| «Maisons rurales en Suisse, Tessin» vol. II, Verlag G. Krebs AG                          | (16)     |
| «Initiation à l'énergie solaire pratique», R. Bruckert, 1979                             | (17)     |
| d'après «Energétique du bâtiment 1», C.-A. Roulet, 1987, Presses Polytechniques Romandes | (18)     |
| «Archi bio», J.-L. Izard, Parenthèses, 1979  | (21)     |
| SIA D 056 «Le soleil – Chaleur et lumière dans le bâtiment», mars 1990                   | (22, 30) |
| «Lumière du jour», Schweizerische technische Zeitschrift, No. 38/39                      | (23)     |
| «Les éléments des projets de construction», E. Neufert, 1954                             | (34)     |
| d'après – plaquette «Premier prix romand d'architecture solaire, 1989»                   | (35)     |
| Cahiers d'urbanisme, «Le bruit dans la ville», Ville de Genève, 1989                     | (36)     |
| «Befreites Wohnen», S. Giedion, 1929, Orell Füssli Verlag                                | (37)     |
| «I modelli di progettazione...», L. Benevolo, 1969                                       | (38)     |
| «Passive Solar Energy Book», E. Mazria, 1980, Rodale Press                               | (39)     |
| SIA D 010 «Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung», décembre 1986                    | (40)     |
| «Archi de Soleil», P. Bardou, Parenthèses, 1978  | (44)     |
| d'après «Planification Intégrale, Volume A», OFQC, 1985                                  | (45)     |

*Autres illustrations et figures réalisées pour cette publication: P. Gallinelli, CUEPE.*

## B – Dispositifs solaires passifs

# Soleil et architecture – Guide pratique pour le projet

## B – Dispositifs solaires passifs

Soleil et architecture –  
Guide pratique pour le projet

Groupe de travail  
R. Contini Knobel  
J.-C. Enderlin  
P. Gallinelli  
B. Lachal  
H. Marti  
P. Minder  
P. Schweizer  
W. Weber

Responsable de la partie B  
R. Contini Knobel

Associations organisatrices

|        |   |
|--------|---|
| UTS    | Union Technique Suisse  |
| APE    | Association professionnelle suisse des préposés à l'énergie dans l'entreprise |
| PROMES | Association des professionnels romands de l'énergie solaire                   |
| SIA    | Société Suisse des Ingénieurs et Architectes                                  |
| SSES   | Société suisse pour l'énergie solaire   |

ISBN 3-905232-05-7

Copyright © 1991 Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne, décembre 1991.

Reproduction d'extraits autorisée avec indication de la source.

Diffusion: Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne (N° de commande 724.212 f).

Form. 724.212 f 12.91 1500 56491

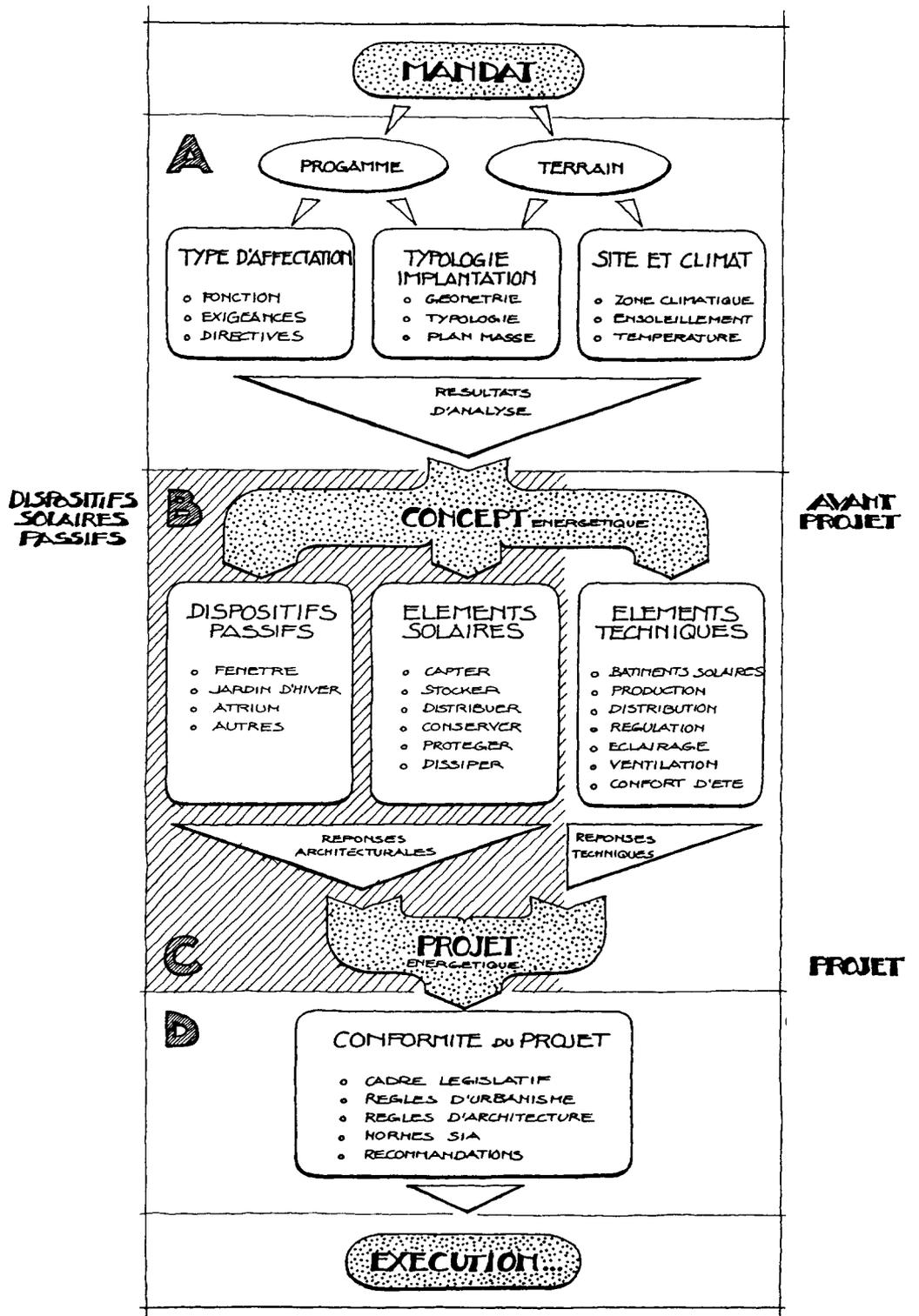
---

---

# B – Dispositifs solaires passifs

## Table des matières

|        |   |
|--------|---|
| B1     | INTRODUCTION                            |
| B2     | ÉLÉMENTS D'ARCHITECTURE SOLAIRE         |
| B2.1   | SÉPARATIONS INTÉRIEUR / EXTÉRIEUR       |
| B2.1.1 | FENÊTRE / ORIEL / BOW-WINDOW            |
| B2.1.2 | CAPTEURS FENÊTRES                       |
| B2.2   | ESPACES CAPTEURS                        |
| B2.2.1 | JARDIN D'HIVER / VÉRANDA                |
| B2.2.2 | ATRIUM                                  |
| B2.3   | SYSTÈMES DIVERS                         |
| B2.3.1 | MUR CAPTEUR                             |
| B2.3.2 | ISOLATION TRANSPARENTE                  |
| B2.3.3 | DOUBLE PEAU                             |
| B3     | LES PRINCIPES DE L'ARCHITECTURE SOLAIRE |
| B3.1   | EFFET DE SERRE / VITRAGES               |
| B3.2   | ÉLÉMENTS DE STOCKAGE                    |
| B3.3   | PROTECTIONS SOLAIRES                    |
| BR     | RÉFÉRENCES                              |



## B1 Introduction

Après la phase d'analyse du programme (organisation des espaces et choix de l'implantation), on aborde dans la deuxième phase (avant-projet) l'un des aspects les plus importants pour le comportement thermique du bâtiment: le choix des composants de son enveloppe.

Un inventaire des dispositifs solaires passifs, ainsi que quelques règles de dimensionnement, permettront à l'architecte, à l'ingénieur, d'intégrer dès cette phase une utilisation accrue du rayonnement solaire pour le chauffage ou l'éclairage.

En outre, une bonne compréhension des phénomènes physiques, d'où découlent par exemple l'effet de serre et l'inertie thermique du bâtiment, aidera l'architecte à mieux choisir les composants de son bâtiment. Ou encore à avoir un meilleur dialogue avec les spécialistes qu'il consultera.

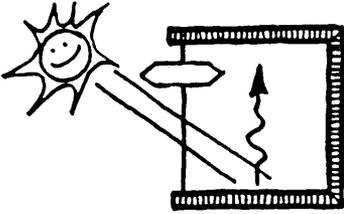
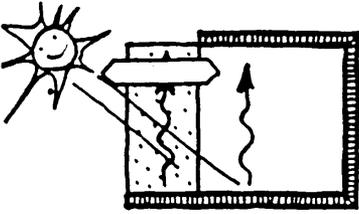
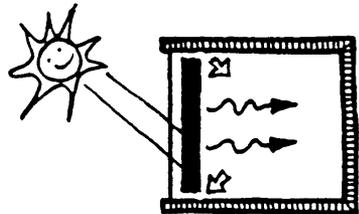
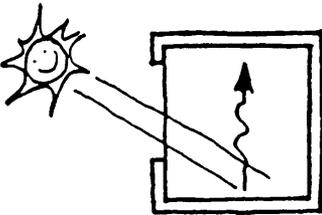
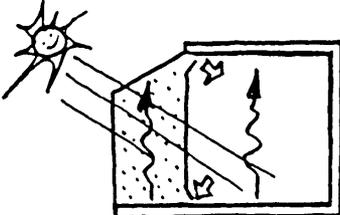
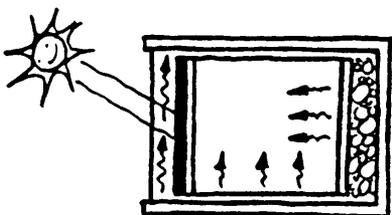
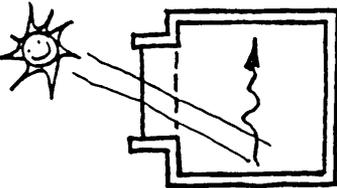
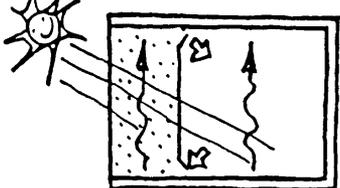
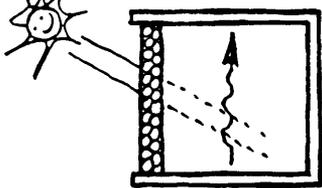
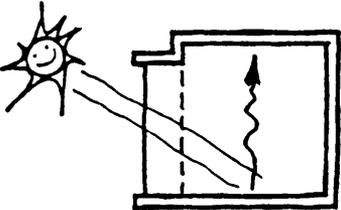
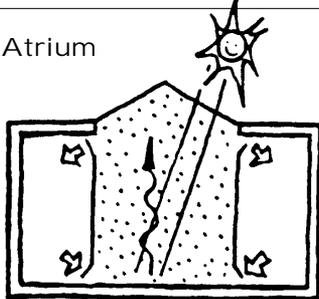
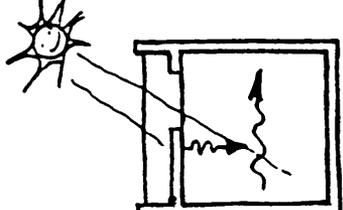
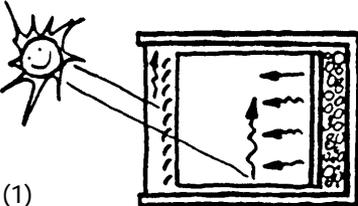
Prenons par exemple la fenêtre, dispositif solaire passif le plus courant; elle doit répondre à de multiples fonctions (vue, ventilation, transmission du rayonnement pour l'éclairage et le chauffage).

Ses composants: cadre, vitrage, store, rideau contrôlent ces diverses fonctions. D'où l'importance d'apporter de l'attention au choix et au dimensionnement de ces éléments pour parvenir à une utilisation optimale du rayonnement solaire de cette fenêtre.

On améliore ainsi le bilan énergétique, le contrôle de la ventilation et de l'éclairage, sans coût supplémentaire pour la construction.

# B2 Eléments d'architecture solaire

## Classification des dispositifs

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>B2.1 Dispositifs qui séparent l'espace habitable chauffé de l'extérieur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- permettant une vue intérieur/extérieur</li> <li>- laissant passer la lumière</li> </ul>  | <p>B2.2 Espaces capteurs, tampons non chauffés, mais utilisables</p> <p>espace habitable occasionnellement entre l'espace habitable chauffé et l'extérieur.</p>  | <p>B2.3 Espaces capteurs non chauffés, non habitables</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ne permettant pas de vue intérieur/extérieur</li> <li>- ne laisse pas passer la lumière</li> </ul>  |
| <p>Fenêtre</p>    | <p>Jardin d'hiver</p>   | <p>Capteur à air</p>    |
| <p>Oriel</p>   | <p>Véranda</p>   | <p>Isolation transparente</p>    |
| <p>Bow-window</p>    | <p>Atrium</p>    | <p>Double peau</p>   |
| <p>Capteur-fenêtre</p>  <p>(1)</p>   | <p>Sas<br/>Petite pièce étanche entre l'intérieur et l'extérieur.</p> <p>Serre<br/>Construction vitrée chauffée artificiellement où l'on cultive les végétaux, où l'on met les plantes à l'abri pendant l'hiver.</p>                              |   |

## B2.1 Éléments séparant l'espace habitable chauffé de l'extérieur

### B2.1.1 Fenêtre/Oriel/bow-window

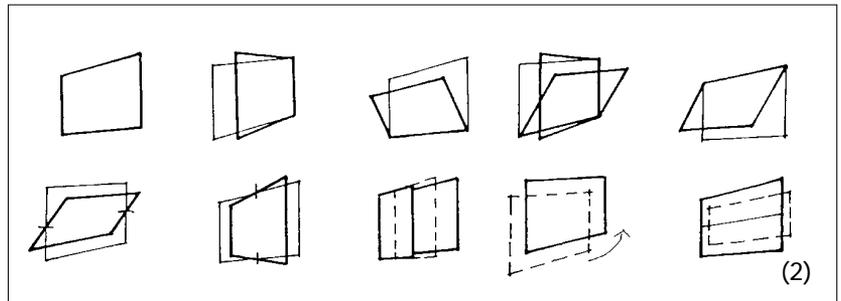
#### Définitions

Fenêtre : Élément de façade, vitré  
 Oriel : Fenêtre, en saillie sur la façade  
 Bow-window : Prolongement vitré de la pièce en saillie sur la façade

#### Fonctions

- gain direct de l'énergie solaire
- lumière = éclairage naturel
- contact avec l'extérieur, vue
- aération

#### Typologie des ouvrants



#### Règles de dimensionnement

- Prévoir plutôt de grandes fenêtres que plusieurs petites pour la même surface de vitrage, car les pertes thermiques par les cadres et les bords sont plus élevées que celles par le vitrage.

#### Protections nocturnes/solaires

- La protection nocturne d'un élément vitré de façade diminue la déperdition de chaleur par transmission.

Tableau (3), effet des protections nocturnes sur l'isolation thermique des fenêtres ( $k_{total}$ )

| PROTECTION NOCTURNE      |                              |              |              |              | $k_{total}$        |
|--------------------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| Système                  | Couleur                      | Position     | Verre        |              | W/m <sup>2</sup> K |
| <b>1</b>                 | <b>SANS PROTECTION</b>       |              |              |              | 2.7                |
| <b>STORES A LAMELLES</b> |                              |              |              |              |                    |
| <b>2</b>                 | Aluminium 80 mm              | blanc        | lam. fermées | float 4/12/4 | 2.4                |
|                          | (fig. 1) voir B3.3           | blanc        | 45%          | float 4/12/4 | 2.7                |
| <b>3</b>                 | Métalliques 97 mm            | brun clair   | lam. fermées | float 4/12/4 | 2.4                |
|                          | (fig. 2) voir B3.3           | brun clair   | 45%          | float 4/12/4 | 2.7                |
| <b>STORES A ROULEAUX</b> |                              |              |              |              |                    |
| <b>4</b>                 | Aluminium à deux parois      | gris clair   | lam. fermées | float 4/12/4 | 1.9                |
|                          | (fig. 3) voir B3.3           |              | espaces ouv. | float 4/12/4 | 2.3                |
| <b>5</b>                 | Aluminium simple (fig. 4)    | alu nature   | lam. fermées | float 4/12/4 | 2.4                |
| <b>6</b>                 | Plastique (fig. 5) voir B3.3 | bleu clair   | lam. fermées | float 4/12/4 | 1.9                |
| <b>7</b>                 | Bois 12 mm                   | nature clair | fermé        | float 4/12/4 | 1.8                |
| <b>STORES EN TISSU</b>   |                              |              |              |              |                    |
| <b>8</b>                 |                              | gris blanc   |              | float 4/12/4 | 2.7                |

Autres facteurs importants pour la protection solaire et la conservation de chaleur:

- couleur des stores
- distance des coulisseaux du mur ou de l'élément de façade
- étanchéité des joints
- distance entre les lamelles

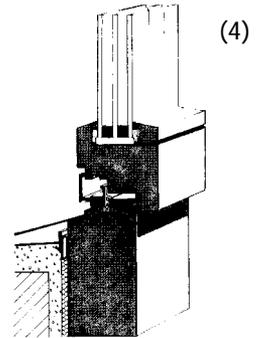
## Les cadres

(A = avantages / I = inconvénients)

## - Bois

- A - conductibilité thermique faible  
 - facilité d'adaptation pour les profils, la construction et les dimensions  
 - matériau renouvelable
- I - nécessité d'une protection des parties en bois (produits toxiques)  
 - entretien assez important

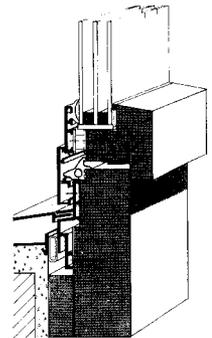
*Transmission thermique:*  
 pin ou sapin 1.6 - 2.0 W/m<sup>2</sup>K



## - Bois-métal

- A - conductibilité thermique faible  
 - durable  
 - entretien limité
- I - prix élevé  
 - risque de pourrissement non visible du bois en cas d'exécution imparfaite

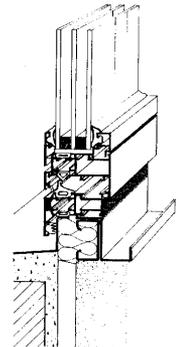
*Transmission thermique:*  
 1.6-2.0 W/m<sup>2</sup>K



## - Aluminium

- A - grande solidité et rigidité, donc profilés plus légers et vitrages plus grands  
 - grande résistance aux intempéries
- I - conductibilité thermique élevée  
 - dilatation thermique élevée de

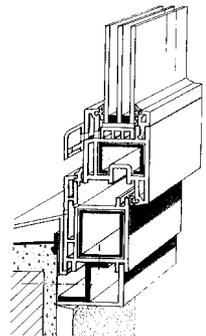
*Transmission thermique:*  
 sans barre isolante 5.2 - 6.1 W/m<sup>2</sup>K  
 avec barre isolante 2.0 - 4.0 W/m<sup>2</sup>K



## - Plastique

- A - conductibilité thermique faible  
 - résistance au vieillissement, pas de pourrissement, mais craquelures et fentes éventuelles
- I - résistance mécanique faible  
 - grande dilatation thermique d'où la nécessité de choisir des couleurs extérieures claires et des ouvertures de dimension restreinte

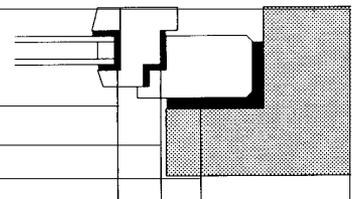
*Transmission thermique:*  
 sans raidisseur métallique 1.7-2.1W/m<sup>2</sup>K  
 avec raidisseur métallique 2.0-2.3 W/m<sup>2</sup>K



## ÉTANCHÉITÉ

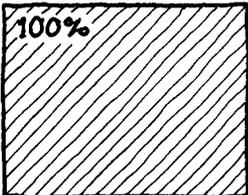
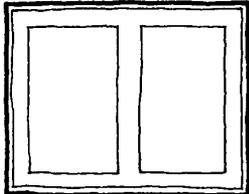
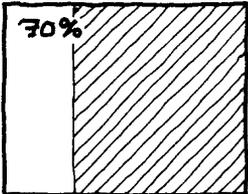
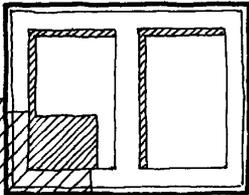
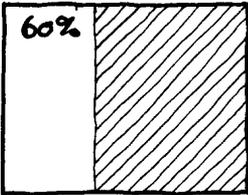
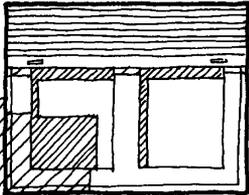
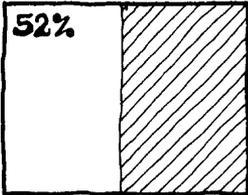
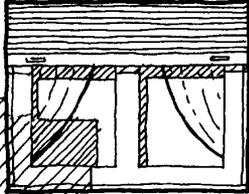
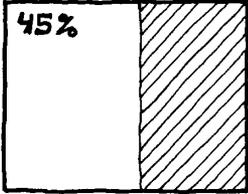
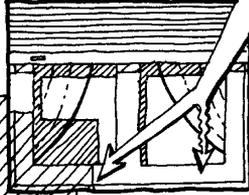
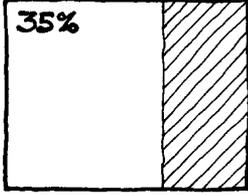
(5)

- Joints d'étanchéité entre:*
- 1 Le verre et le cadre \_\_\_\_\_
  - 2 L'ouvrant et le cadre fixe \_\_\_\_\_
  - 3 Le cadre et le gros œuvre \_\_\_\_\_



## Gains solaires à travers une surface vitrée réelle

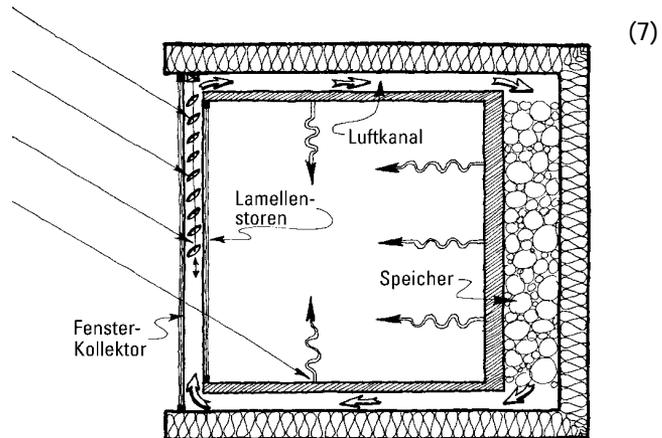
La transmission énergétique du rayonnement solaire pour une enveloppe vitrée est grevée par différents obstacles qui diminuent à chaque fois les gains solaires, sans avoir d'effets appréciables sur les pertes thermiques. Il s'agit de ne pas sous-estimer ces effets, particulièrement dans les immeubles collectifs, où le rendement réel de captation de l'énergie solaire passive peut être estimé à environ 1/3.

| (6)   |  |  |
|---|--|--|
|    | <p><b>VIDE DE MAÇONNERIE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ CHOISIR UNE BONNE ORIENTATION</li> </ul>   |  <p>100%</p>  |
|    | <p><b>CADRES</b><br/>20 = 40%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ EVITER LES SOUS-DIVISIONS</li> <li>◦ CHOISIR DES MENUISERIES FINES (MAIS ISOLANTES)</li> </ul>  |  <p>70%</p>   |
|   | <p><b>OMBRES</b><br/>10 = 20%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ ATTENTION AUX MASQUES</li> <li>◦ :S EXTERIEURES INCLINEES</li> </ul>  |  <p>60%</p>  |
|  | <p><b>STORES</b><br/>0 = 30%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ DANS LES LOGEMENTS COLLECTIFS SOUVENT 30% SONT ABAISSES (PROBLEME DE PRIVACITE)</li> <li>◦ FAVORISER DES STORES LEGERS</li> </ul>  |  <p>52%</p> |
|  | <p><b>RIDEAUX</b><br/>0 = 30%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ RIDEAUX SOMBRES PERMETTENT D'ABSORBER LE ☀ → CAPTEUR</li> <li>◦ INTERACTION RIDEAU ↔ VERRE</li> </ul>   |  <p>45%</p> |
|  | <p><b>ABSORPTION ET REFLECTION</b><br/>10 = 60%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ SELECTIONNER UN VERRE DE BONNE QUALITE</li> <li>◦ CONTROLE DE CLIMAT PLUS AISE AVEC VERRE TRANSPARENT ET SURFACE "RAISONNABLE"</li> <li>◦ ATTENTION : LE VERRE TEINTE ABSORBE LE RAYONNEMENT REFLECHI → SURCHAUFFE</li> </ul> |  <p>35%</p> |

## B2.1.2 Capteurs fenêtres

## FONCTIONNEMENT:

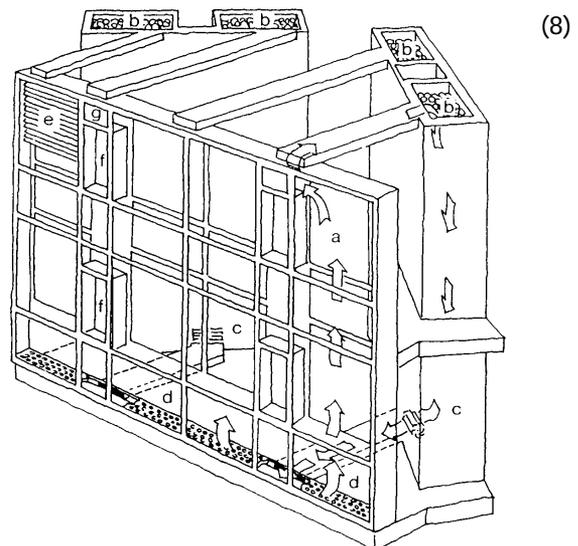
Les capteurs-fenêtres sont des caissons avec une vitre extérieure et une vitre intérieure (distance 10 à 20 cm), dans lesquels le rayonnement solaire est converti en chaleur et amené dans les accumulateurs situés à l'intérieur du bâtiment. L'air circulant entre les capteurs et les accumulateurs est complètement séparé de l'air ambiant. Une bonne isolation thermique est indispensable pour réduire les pertes du système vers l'extérieur ainsi que vers l'intérieur.



- comme fenêtre
- comme capteur

Quand le rayonnement solaire est inférieur à  $300\text{W/m}^2$  le capteur se comporte comme une fenêtre ordinaire (gain direct = système passif).

Quand il est supérieur à  $300\text{W/m}^2$  un store vénitien absorbant (e) est abaissé dans l'espace entre les deux vitres et l'air chauffé est pulsé (a) par un ventilateur du capteur vers l'élément de stockage (système (b) hybride, actif).



## AÉRATION

Pour l'aération du local, il est nécessaire de prévoir des fenêtres (f) qui se laissent ouvrir directement vers l'air extérieur.

## VERRE

Choisir du verre isolant double tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. Le rapport entre la surface vitrée et le volume chauffé sera de l'ordre de  $1\text{ m}^2$  pour  $5\text{ m}^2$  de plancher.

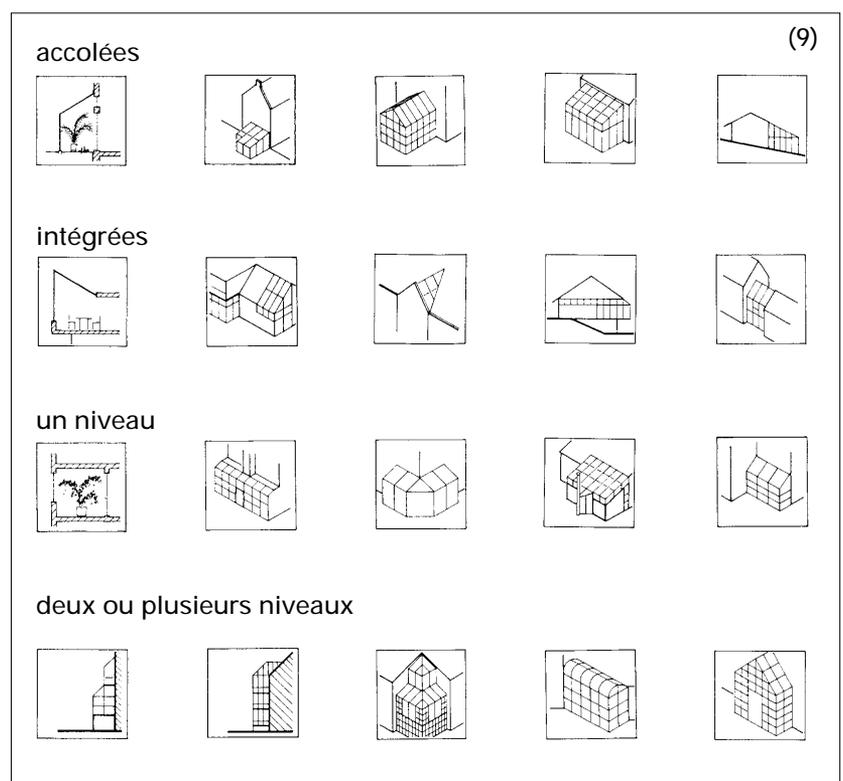
## B2.2 Espaces capteurs, habitables, non chauffés

### B2.2.1 Jardin d'hiver/véranda

Définition  
Typologie

Le jardin d'hiver et la véranda sont des espaces tampons, pourvus d'une grande surface vitrée, ils ne sont pas chauffés et périodiquement habitables. Ils sont orientés vers l'est, au sud ou vers l'ouest, séparés du bâtiment principal par des ouvertures mobiles.

- Une véranda ou un jardin d'hiver à plusieurs niveaux permet un meilleur réglage de la température intérieure et des gains solaires.
- Favoriser des vitrages verticaux orientés sud plutôt qu'une toiture vitrée. Il est alors plus facile de maîtriser les problèmes de surchauffe, de ventilation et d'aération.



#### CONSTRUCTIONS / DIMENSIONS DES PARTIES VERTICALES

##### VITRAGES

##### FAÇADE INTERFACE:

- Choisir un verre avec de faibles pertes thermiques:  
=> k petit

##### FAÇADE EXTÉRIEURE:

- Choisir un verre avec une bonne capacité de transmission d'énergie:  
=> g élevé

##### STRUCTURE

##### FAÇADE INTERFACE:

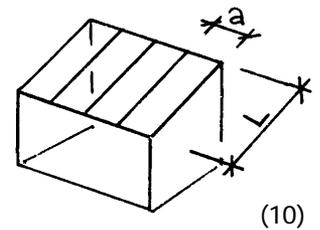
- Choisir une construction avec de bonnes performances isolantes.
- Prévoir des parties massives pour permettre de stocker de l'énergie.

##### FAÇADE EXTÉRIEURE:

- Choisir selon les besoins de l'utilisateur, soit:
  - constructions légères avec des profilés non isolés (condensation possible)
  - construction isolante (prix plus élevé)

## CONSTRUCTIONS / DIMENSIONS DE LA TOITURE

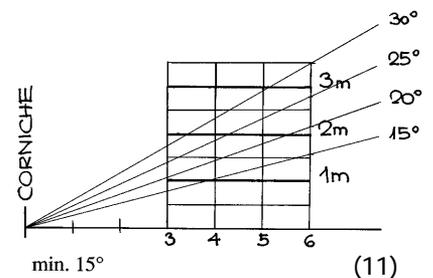
- Dimensions maximales des vitrages de toiture (exemples):
- verre feuilleté 2 x 3 mm + un verre sécurisé 4 mm  
Dimensions: 80 cm x 250 cm = 2,0 m<sup>2</sup>  
Poids: 50 kg
- verre feuilleté 2 x 5 mm + un verre sécurisé 8 mm  
Dimensions: 130 cm x 150 cm = 2,0 m<sup>2</sup>  
Poids: 90 kg



Les dimensions maximales des vitrages isolants obliques sont en premier lieu limitées par leur poids et donc par leur montage et la difficulté liée à la manutention.

- Distance maximale entre deux chevrons: (a) 60 cm -130 cm
- Pente de la toiture: min. 15°

- Pour des questions de sécurité et de condensation dans la toiture (confort) choisir des vitrages isolants, soit:
- verre feuilleté à l'intérieur
- verre sécurisé à l'extérieur

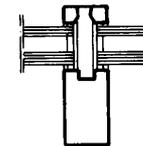


## STRUCTURE

- acier

A = avantages / I = inconvénients

- A - constructions élégantes
- possibilités de formes différentes
- couleurs individuelles
- I - corrosion
- retouches de peinture problématiques

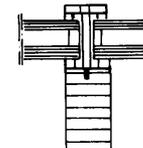


Section des chevrons  
L = portée  
a = écartement

| L      | a | 80 cm      | 100 cm    | 120 cm     |
|--------|---|------------|-----------|------------|
| 300 cm |   | 5 / 8 cm   | 6 / 8 cm  | 5.5 / 9 cm |
| 400 cm |   | 5 / 9.5 cm | 6 / 12 cm | 6 / 12 cm  |
| 500 cm |   | 6 / 12 cm  |           |            |

- bois lamellé-collé

- A - matériau naturel
- conductibilité thermique faible
- I - structures de grande épaisseur

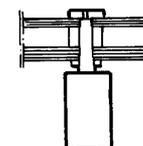


(12)

| L      | a | 70 cm     | 85 cm     |
|--------|---|-----------|-----------|
| 300 cm |   | 5 / 11 cm | 5 / 11 cm |
| 400 cm |   | 5 / 11 cm | 5 / 11 cm |

- aluminium

- A - couleurs individuelles
- corrosion moins problématique (attention zones industrielles)
- entretien minimum
- I - dimensions importantes des profils
- grandes dilatations thermiques
- coût énergétique à la fabrication.



| L      | a | 80 cm      | 100 cm      | 120 cm      |
|--------|---|------------|-------------|-------------|
| 300 cm |   | 7 / 11 cm  | 7 / 12.5 cm | 7 / 13.5 cm |
| 400 cm |   | 5 / 9.5 cm | 7 / 16.5 cm | 7 / 18 cm   |
| 500 cm |   | 7 / 17 cm  | 7 / 20.5 cm | 7 / 22.5 cm |

Afin d'assurer un bon confort estival, il est indispensable de prévoir un système d'aération efficace et des protections solaires.

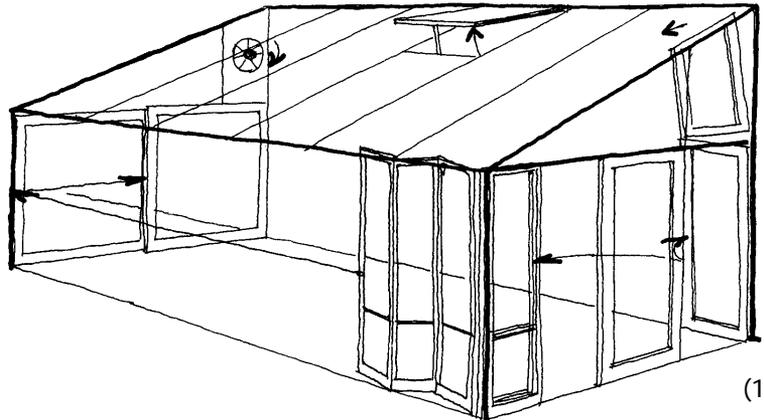
## VENTILATION

Concept d'évacuation de chaleur par ventilation naturelle

- entrée d'air frais dans la partie inférieure;
- évacuation de l'air chaud dans les parties hautes:  
=> effet de cheminée à partir d'une différence de 1.80 m entre vitrage bas et haut.

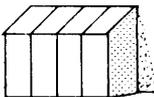
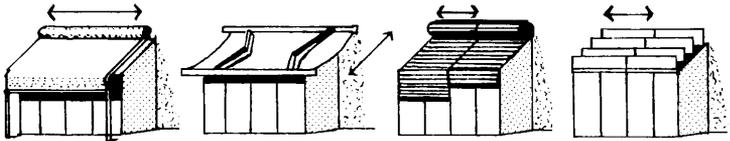
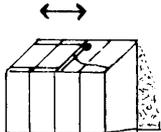
Dispositifs d'aération:

- Fenêtres / portes ouvrantes
- Fenêtres et portes coulissantes
- Fenêtres et portes accordéon
- Clapets ou grilles de ventilation
- Ventilateur au plafond
- Ventilateur dans un élément de façade



(13)

## PROTECTIONS SOLAIRES

|                                 |                                       |    |   |  |  |  |
|---------------------------------|--|--|---|--|--|---|
|                                 |  | <b>EXTÉRIEUR</b>   |   |  |  | <b>INTÉRIEUR</b>  |
| <b>Désignation</b>              | Verre antisolaires   | Marquise oblique verticale   | Marquise à bras de projection               | Rouleaux de lattes                               | Lamelles (orientables)   | Stores réfléchissants IR  |
| <b>Matériau</b>                 | Verre avec film réfléchissant  | Toile synthétique  | Toile synthétique                           | Bois   | Aluminium  | Feuille synthétique avec film réfléchissant   |
| <b>Efficacité</b>               | faible-moyenne   | moyenne-élevée   | moyenne-élevée                              | moyenne ou élevée                                | moyenne-élevée   | moyenne élevée  |
| <b>Effort physique</b>          | aucun  | manuel: élevé<br>électrique: faible  | élevé<br>faible                             | élevé<br>-                                       | moyen<br>faible  | élevé<br>faible   |
| <b>Limites dimensionnelles</b>  | -  | Largeur du store max. env. 350 cm  | Longueur des bras de projection max. 350 cm | Largeurs standard 90, 100, 140, 160, 180, 200 cm | Largeur des lamelles max. env. 150-170 cm  | Largeur du rouleau max. 160 cm  |
| <b>Coût (manœuvre manuelle)</b> | faible   | élevé  | faible                                      | moyen  | élevé  | moyen   |
| <b>Pente min. env.</b>          | 5 °  | 30 °   | 5 °   | 10 °   | 0 °  | 15  |
| <b>Avantages</b>                | - pas de mesures techniques<br>- pas de manœuvre<br>- atténuation de l'éblouissement                                     | - combinaison d'une protection oblique et verticale avec un seul mécanisme   | - solution économique                       | - solution «naturelle»                           | - très bonne dispersion de la lumière en position inclinée<br>- orientation des lamelles pour captage du rayonnement solaire | - aucune exposition à l'influence des intempéries<br>- atténuation de l'éblouissement |
| <b>Inconvénients</b>            | - présence permanente de la protection y compris pendant la période de chauffage<br>- réflexion importante à l'extérieur | - risque de dommage en cas d'absence: automatisation uniquement moyennant une dépense importante (dommages par le vent et la neige)<br>- angle de pente à partir de 30 ° | - projection limitée                        | - manœuvre manuelle uniquement                   | - en position ouverte ombrage par bandes parallèles  | - réflexion importante à l'extérieur  |

## B2.2.2 Atrium

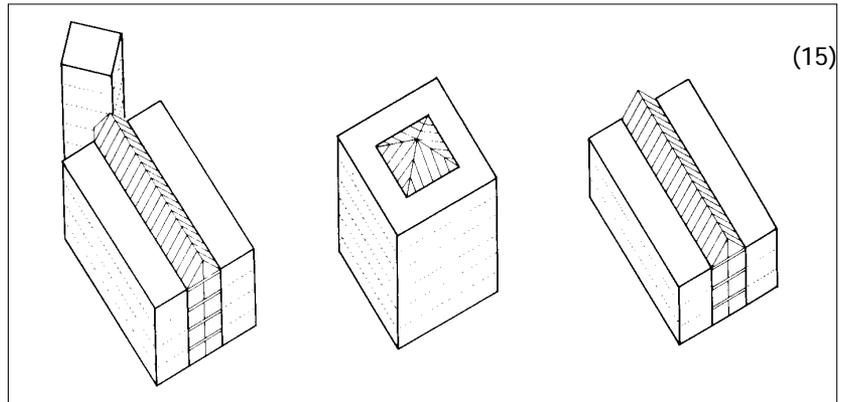
## DÉFINITION

Intégré entre deux corps de bâtiments ou au centre d'une construction de grande taille, l'atrium contribue de manière significative à l'éclairage naturel des locaux adjacents.

L'atrium en tant que local non chauffé est utilisable pour certaines activités occasionnelles (circulation, loisirs).

En hiver l'atrium sert d'espace tampon. Il contribue à une réduction des besoins thermiques.

## TYPOLOGIE



## CONSTRUCTION

## Vitrages

- choisir un vitrage isolant double
- pour les parties inclinées utiliser du verre trempé ou feuilleté

## Matériaux

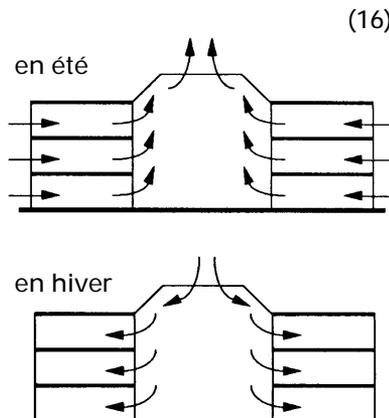
Voir chapitre «Jardin d'hiver»

## Quelques règles

- Dimensionner largement les parties vitrées de l'atrium.
- Ne pas utiliser de vitrage absorbant (prévoir des protections solaires mobiles).
- Adapter une forme évasée vers le haut dès que la hauteur de l'atrium dépasse 2 fois sa largeur.
- Pour les parties intérieures de l'atrium favoriser des teintes claires afin d'absorber le moins possible la lumière visible: durant l'hiver on cherchera à tirer le meilleur parti du rayonnement solaire en profitant d'abord de la lumière, puis de la chaleur.

## Ventilation, protections solaires

- L'atrium peut contribuer à la ventilation des constructions attenantes:
- Disposer des ouvrants au niveau du sol et de la toiture (tirer profit de l'effet de cheminée).



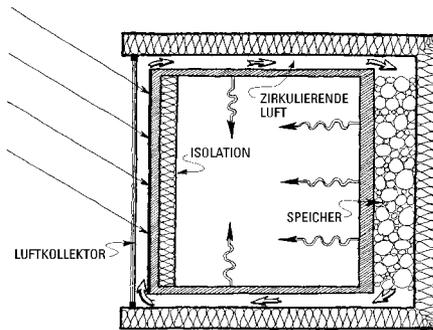
- La partie ouvrante du toit représentera de 6 à 10% de la surface du toit.

- Des protections solaires mobiles sont indispensables dans tout l'atrium, généralement à l'intérieur pour combiner ventilation et protection solaire.

- Sélectionner des protections de couleur claire ou des stores réfléchissants.

## B2.3 Systèmes divers

## CAPTEUR A AIR (17)



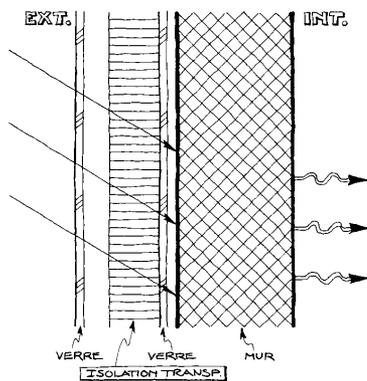
## Fonctionnement

Les capteurs à air sont des caissons vitrés, dans lesquels le rayonnement solaire est converti en chaleur qui est amenée dans les accumulateurs situés à l'intérieur du bâtiment. L'air circulant entre les capteurs et les accumulateurs est complètement séparé de l'air ambiant.

## Orientation

- Orientation des surfaces de captage proche du sud ( $\pm 30^\circ$ ).
- Rapport équilibré entre la surface de captage et la capacité des accumulateurs (règle du pouce).
- Faibles déperditions thermiques (disposition compacte, accumulateurs bien isolés, peu de refroidissement nocturne).
- Protections solaires efficaces.

## ISOLATION TRANSPARENTE (18)



## Fonctionnement

Le rayonnement solaire traverse l'isolation transparente, atteint l'élément d'absorption et se transforme en chaleur.

*Si le rayonnement solaire est faible*, les gains solaires sont suffisants pour compenser les pertes thermiques du bâtiment.

*Si le rayonnement solaire augmente*, le mur intérieur ressemble à un radiateur à basse température, car la température du mur est supérieure à celle du local. Ceci permet de réduire la température de l'air en assurant un confort thermique optimal (température résultante).

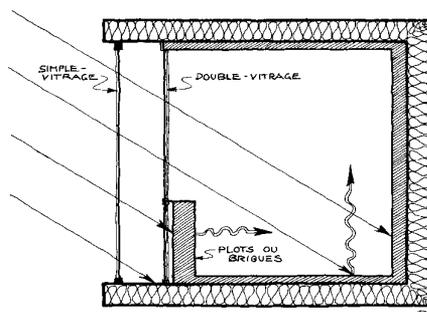
## Caractéristiques des matériaux

- Transmission de chaleur minimale (k)
- Transmission d'énergie élevée (g)

## Protections solaires

Pour empêcher un surchauffement et pour gérer la température intérieure du local il est indispensable de prévoir un système de protection solaire

## DOUBLE PEAU (19)



## Fonctionnement

Une façade double peau est constituée d'une paroi extérieure entièrement vitrée et d'une paroi intérieure plus massive composée d'un contrecoeur lourd (capteur - stockage) et d'une partie supérieure fortement vitrée.

Le fonctionnement est semblable à celui d'une véranda de très faible profondeur.

## Ventilation

La paroi double-peau présente une très bonne étanchéité à l'air. Afin d'assurer le renouvellement d'air indispensable, deux solutions sont possibles:

- ouvrir périodiquement, et pour une courte durée, les fenêtres des deux peaux.
- munir chaque peau de clapets de ventilation.

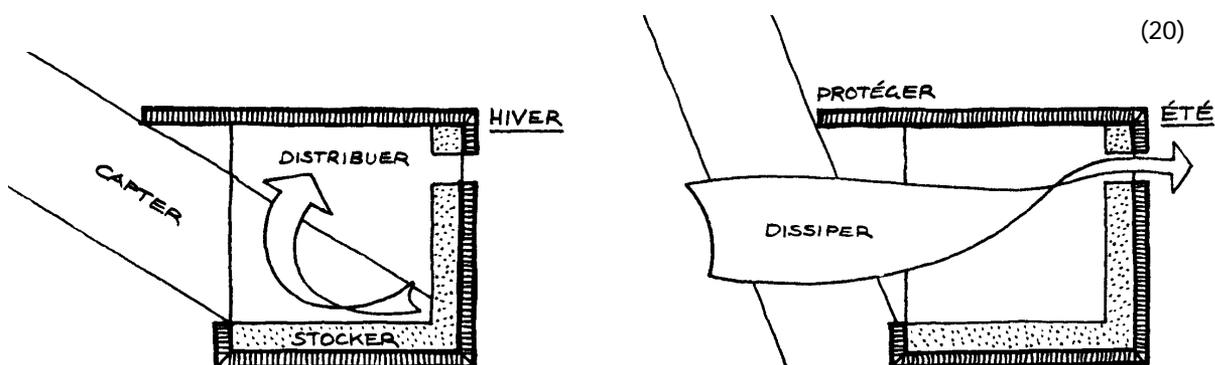
## B3 Les principes de l'architecture solaire

Les principes de base de l'architecture solaire sont:

- CAPTAGE
- STOCKAGE
- DISTRIBUTION
- CONSERVATION
- PROTECTION
- DISSIPATION

EN HIVER

Dès qu'il y a du soleil, il s'agit de capter l'énergie solaire, de la stocker pour pouvoir, en période de non ensoleillement, distribuer la chaleur accumulée; à tout moment, ou lorsque l'appoint de chaleur est fourni par l'installation de chauffage, il est nécessaire de conserver la chaleur contenue dans le bâtiment.

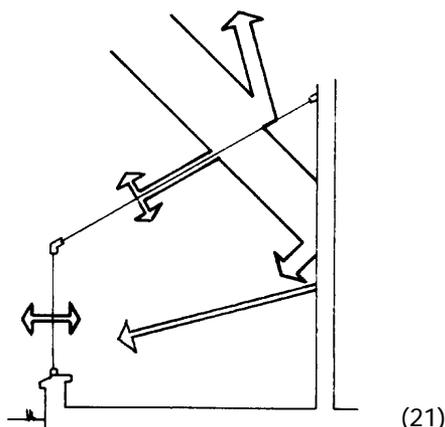


EN ÉTÉ

Pour éviter les surchauffes, il s'agit de se protéger du rayonnement direct et, si nécessaire, dissiper la chaleur par ventilation naturelle du bâtiment.

### B3.1 Effet de serre et vitrages

Le verre laisse passer la majeure partie des rayons ultraviolets, visibles et infrarouges de brève longueur d'onde émis par le soleil. Il retient les rayons infrarouges de plus grande longueur d'onde émis par une surface intérieure chauffée par le soleil.



## DEFINITION DES VALEURS

Transmission de chaleur

 Coefficient  $k$  ( $W/m^2K$ )

Le coefficient de transmission de chaleur  $k$  indique à quelle vitesse la chaleur s'écoule à travers une partie de construction de  $1m^2$  lorsque la différence de température entre les deux couches d'air adjacentes est de  $1^\circ C (=1K)$ . Le coefficient  $k$  ne tient compte que des pertes thermiques par transmission.

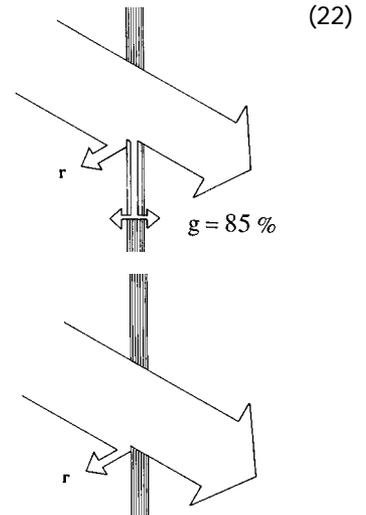
EXEMPLE:

Vitrage simple  
(Float 4 mm)  
 $k = 5,60 W/m^2K$

Transmission d'énergie solaire

 Coefficient  $g$  : (%)

Coefficient de transmission de l'énergie totale.  
Somme de la part du rayonnement transmis directement par le vitrage et de l'émission thermique secondaire du vitrage vers l'intérieur par réchauffement et par convection.



Transmission de lumière

 Coefficient  $t$  : (%)

Coefficient de transmission lumineuse.  
Part du rayonnement directement transmis par le vitrage et rapporté à la sensibilité de l'oeil humain.

## TEMPÉRATURE DE LA SURFACE INTÉRIEURE DU VERRE: confort du local

Facteurs qui influencent le confort dans un local:

- Hauteur des vitrages (plus le vitrage est haut, plus il y a de courants d'air froid).
- Rapport entre la surface vitrée et la surface massive de façade
- Position des radiateurs
- Ameublement
  - passage
  - séjour
- Hauteur des contre-cœurs
- Qualité du vitrage

La différence ( $\Delta T$ ) entre température du local et température de la surface intérieure du verre influence la sensation de confort à proximité du vitrage.

 $\Delta T = 0^\circ - 5^\circ C$ 

- confort élevé
- pas de courant d'air
- condensation seulement dans des cas exceptionnels

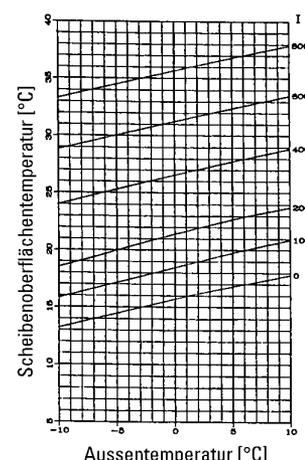
 $\Delta T = 5^\circ - 10^\circ C$ 

- confort moyen
- faible courant d'air possible
- condensation possible si la température extérieure est bien inférieure à  $0^\circ$ .

 $\Delta T = >10^\circ C$ 

- inconfortable
- courant d'air
- condensation et gel sur la vitre intérieure même à des températures proche de  $0^\circ C$ .

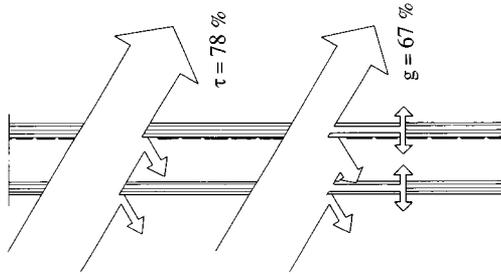
Écart de température en fonction de  $k$  et de  $T$  extérieur.  
(23)



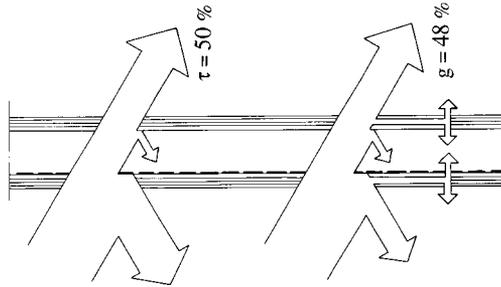
# Types de vitrages

(24)

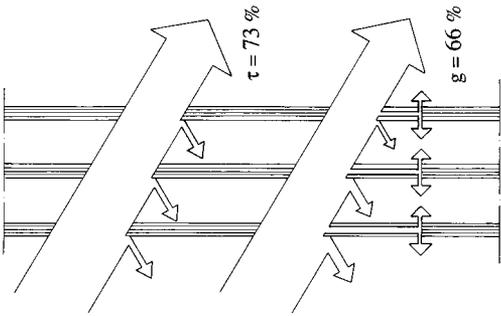
- Vitrage isolant avec 1 couche sélective Silverstar (4 / 15 / 4)  
k = 1.50 W/m<sup>2</sup> K



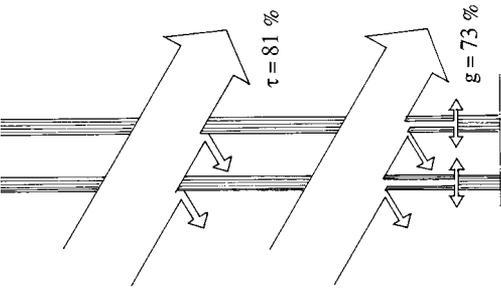
- Vitrage antisolaire Calorex (4 / 12 / 4)  
k = 3.00 W/m<sup>2</sup> K



- Triple vitrage isolant Float (4 / 12 / 4 / 12 / 4)  
k = 2.00 W/m<sup>2</sup> K

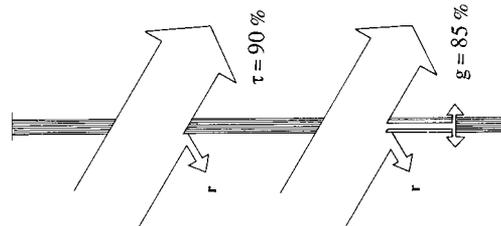


- Double vitrage isolant Verre Float (4 / 12 / 4)  
k = 2.90 W/m<sup>2</sup> K



- Vitrage simple Float 4 mm  
k = 5.60 W/m<sup>2</sup> K

Transmissions



$\tau$  = Transmission lumineuse (%)

$g$  = Transmission d'énergie (%)

$r$  = Réflexion

$T_{si}$  = Température de surface du verre intérieur

$T_e$  = Température extérieure

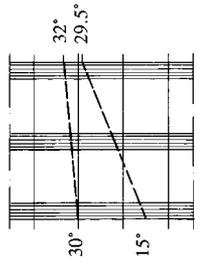
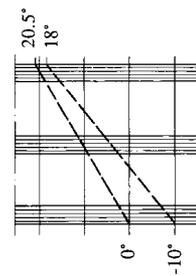
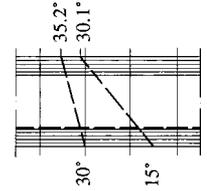
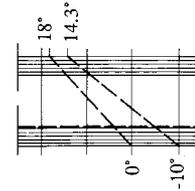
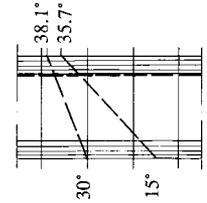
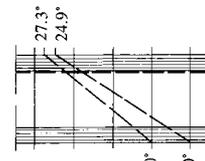
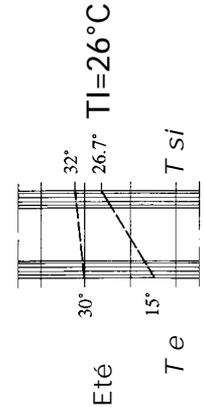
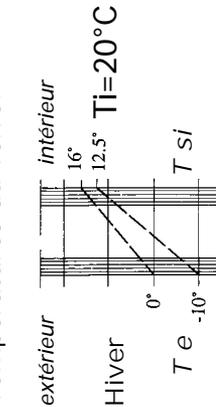
$T_i$  = Température intérieure du local

Été: Température du local 26 °C

Hiver: Température du local 20 °C

Valeur pour un rayonnement solaire moyen de 600 W/m<sup>2</sup>  
(Projet NEFF N° 266)

Températures du verre:



## B3.2 Elements de stockage

Un local ensoleillé devrait être en mesure de stocker environ 60% de l'énergie solaire incidente.

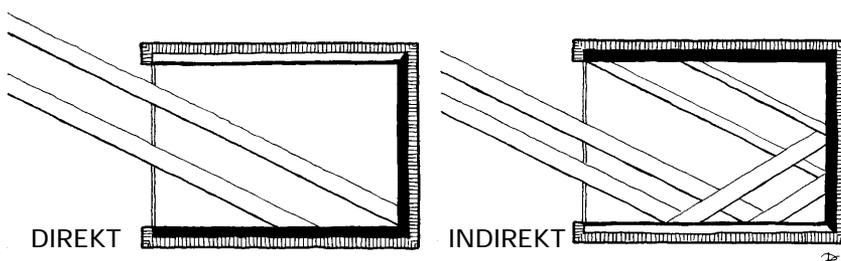
### COUPLAGE DIRECT

Si le rayonnement solaire atteint directement les éléments de stockage on parle de couplage direct.

Règles de dimensionnement:

- la surface des éléments de stockage sera au moins égale à trois fois la surface vitrée;
- l'épaisseur conseillée des parties massives est de 10 à 20 cm;
- disposer les parties massives de telle sorte qu'elles reçoivent le rayonnement hivernal direct entre 10.00h -14.00h;
- éviter des teintes claires pour les parties massives;
- prévoir une isolation nocturne des fenêtres pour la nuit;
- éviter les obstacles au transfert thermique (ameublement, tapisseries, moquettes etc.).

(25)



### COUPLAGE INDIRECT

Si le rayonnement solaire n'atteint pas directement les éléments de stockage mais est diffusé vers ceux-ci on parle de couplage indirect.

Règles de dimensionnement:

- la surface des éléments de stockage sera 8 à 10 fois plus importante que la surface vitrée;
- l'épaisseur des parties massives sera de 7 à 15 cm;
- choisir des teintes claires pour les parties en matériaux légers et des teintes plus foncées pour les parties massives.

### MATÉRIAUX DE STOCKAGE

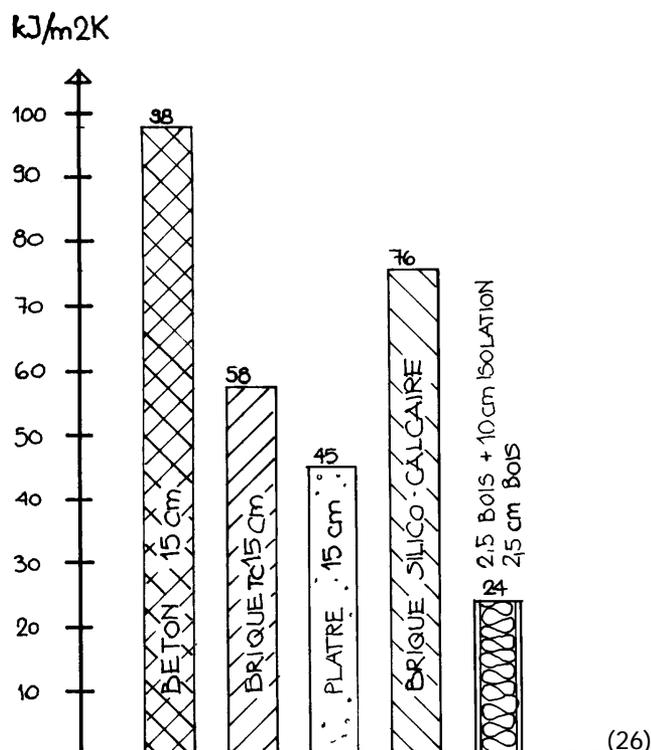
Capacité journalière de stockage de chaleur de différents matériaux de construction (figure 26)

Ces valeurs sont valables pour des murs extérieurs non ensoleillés directement.

On peut donner un ordre de grandeur des capacités thermiques pour des éléments ensoleillés directement en multipliant les capacités avec les facteurs indiqués entre parenthèses.

Ensoleillement / facteur de correction:

- 1500kJ/m<sup>2</sup> jour ensoleillement faible (f=2)
- 3000kJ/m<sup>2</sup> jour ensoleillement moyen (f=3)
- 4500kJ/m<sup>2</sup> jour beau jour d'été (f=4)



## LE STOCKAGE PAR TRANSFERT THERMIQUE

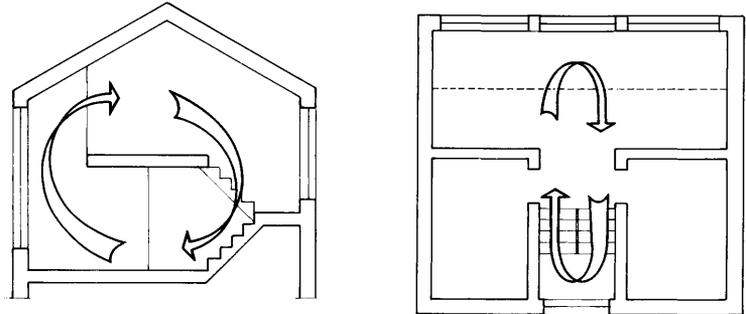
En plus du stockage de la chaleur dans l'espace ensoleillé, on peut transférer les gains de chaleur excédentaires dans d'autres espaces moins ensoleillés.

Le transfert le plus simple et le plus efficace consiste à faire circuler l'air entre les espaces concernés.

Inconvénients:

- transmission des odeurs
- transmission acoustique
- nécessité de déplacer un grand volume d'air

(27)



- thermocirculation

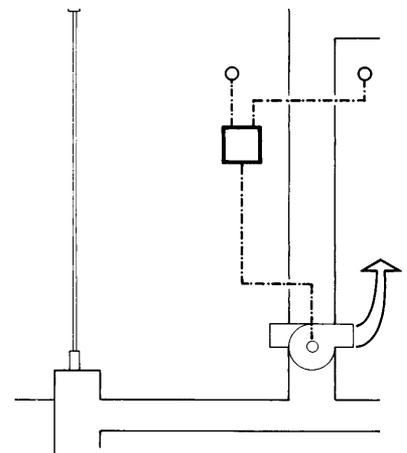
On joue sur les différences de température et donc de pression entre les espaces. Ces différences étant faibles il faut des grandes surfaces de communication. Une différence de niveau entre la pièce chaude, en bas, et la pièce froide, en haut, aide beaucoup la thermocirculation.

Points critiques:

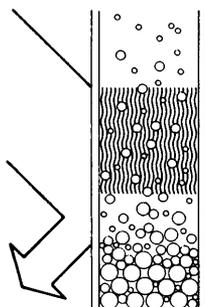
- influence sur l'organisation intérieure
- le rôle de l'occupant (ouverture d'une porte)
- thermocirculation inverse (par exemple porte intérieure d'un jardin d'hiver ouverte alors que le temps est froid et peu ensoleillé)

- circulation par ventilateur

Système de circulation par ventilateur, commandé manuellement ou automatiquement. On supprime les inconvénients précédents mais il faut faire attention aux problèmes acoustiques et à la consommation d'énergie électrique. (28)



## LE STOCKAGE A CHANGEMENT DE PHASE



(29)

Contrairement au stockage conventionnel qui utilise la chaleur sensible (celle qu'il faut fournir à un corps pour qu'il augmente de température), le stockage à changement de phase exploite la chaleur latente, c'est-à-dire la quantité de chaleur nécessaire pour faire passer un corps de l'état solide à l'état liquide à une même température (par exemple la transformation de glace en eau à 0°C). Suivant la composition chimique le changement de phase peut se produire à diverses températures. Ce changement permet d'accumuler de grandes quantités de chaleur et demande donc de petits volumes de stockage.

## PROTECTIONS EXTÉRIEURES MOBILES

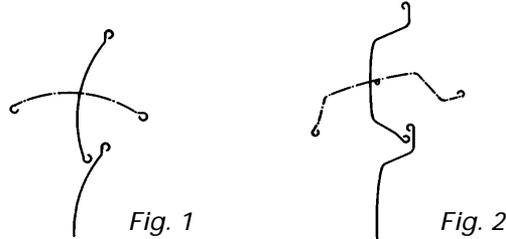
## Stores à lamelles

## Avantages:

- bon réglage de la lumière naturelle et de la protection solaire;
- bonne aération possible.

## Inconvénients:

- existent seulement en aluminium;
- protection réduite contre les pertes thermiques nocturnes;
- faible sécurité contre l'effraction.



(32)

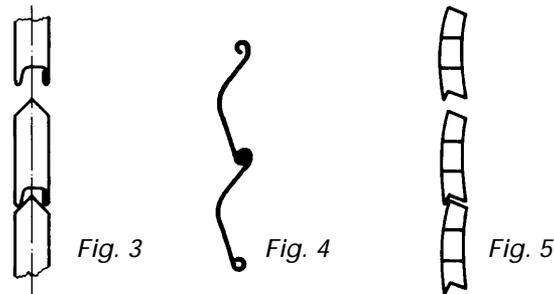
## Stores à rouleaux

## Avantages:

- bonne protection contre les pertes thermiques;
- différents matériaux (bois, aluminium, plastique)

## Inconvénients:

- réglage réduit de la protection solaire et de la lumière naturelle.



(33)

Tableau comparatif (rayonnement solaire pendant 2 heures). (34)

| PROTECTION SOLAIRE                                     |              |              |              | g total | k total |
|--|--------------|--------------|--------------|---------|---------|
| Système  | Couleur      | Position     | Verre        | %       | W/m²K   |
| <b>1 SANS PROTECTION</b>                               |              |              |              | 72      | 2.7     |
| <b>STORES A LAMELLES</b>                               |              |              |              |         |         |
| <b>2</b> Aluminium 80 mm<br>(fig. 1) voir B3.3         | blanc        | lam. fermées | float 4/12/4 | 13      | 2.4     |
|  | blanc        | 45%          | float 4/12/4 | 15      | 2.7     |
|  | alu nature   | lam. fermées | float 4/12/4 | 14      | 2.4     |
|  | brun foncé   | lam. fermées | float 4/12/4 | 19      | 2.4     |
|  | brun foncé   | 45%          | float 4/12/4 | 23      | 2.7     |
| <b>3</b> Métalliques 97 mm<br>(fig. 2) voir B3.3       | brun clair   | lam. fermées | float 4/12/4 | 13      | 2.4     |
|  | brun clair   | 45%          | float 4/12/4 | 15      | 2.7     |
| <b>STORES A ROULEAUX</b>                               |              |              |              |         |         |
| <b>4</b> Aluminium à deux parois<br>(fig. 3) voir B3.3 | gris clair   | lam. fermées | float 4/12/4 | 9       | 1.9     |
|  |              | espaces ouv. | float 4/12/4 | 13      | 2.3     |
| <b>5</b> Aluminium simple (fig. 4)                     | alu nature   | lam. fermées | float 4/12/4 | 11      | 2.4     |
| <b>6</b> Plastique (fig. 5) voir B3.3                  | bleu clair   | lam. fermées | float 4/12/4 | 4       | 1.9     |
| <b>7</b> Bois 12 mm                                    | nature clair | fermé        | float 4/12/4 | 6       | 1.8     |
| <b>STORES EN TISSU</b>                                 |              |              |              |         |         |
| <b>8</b>   | gris blanc   |              | float 4/12/4 | 20      | 2.7     |

### B 3.3 Protections solaires

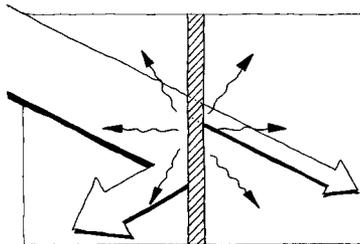
#### FONCTIONS

- éviter les surchauffes solaires
- permettre des gains solaires
- éviter des éblouissements intérieurs
- garantir la privacité
- esthétique

#### SOLUTIONS POSSIBLES

- vitrages absorbants
- végétation extérieure
- rideaux blancs intérieurs
- rideaux réfléchissants
- constructions extérieures mobiles
- construction extérieures fixes

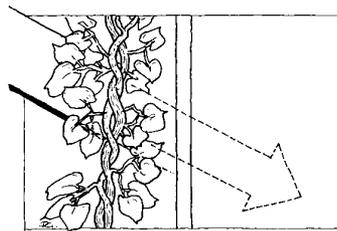
- vitrages absorbants ou réfléchissants



- Leur efficacité est limitée;
- ils ne s'adaptent pas aux besoins de la saison;
- ils ont une mauvaise transmission lumineuse;
- ils conduisent à une augmentation des besoins en éclairage artificiel.

(30)

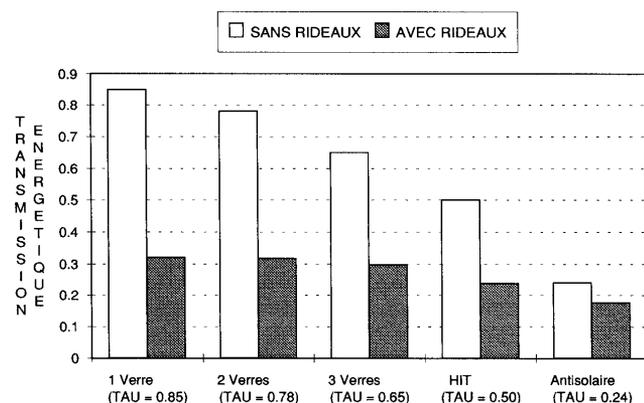
- végétation extérieure



- ne nécessite aucune installation;
- s'adapte naturellement aux besoins de la saison;
- ne permet aucun réglage;
- le choix de l'espèce est très important.

- rideaux blancs intérieurs

- diminuent les apports solaires de 10 à 50 % selon la maille, la couleur du fil, leur mise en place et la qualité optique du vitrage.



(31)

- bonne protection contre les surchauffes pour les simples vitrages, ils se révèlent de moins en moins efficaces quand la qualité du vitrage augmente.

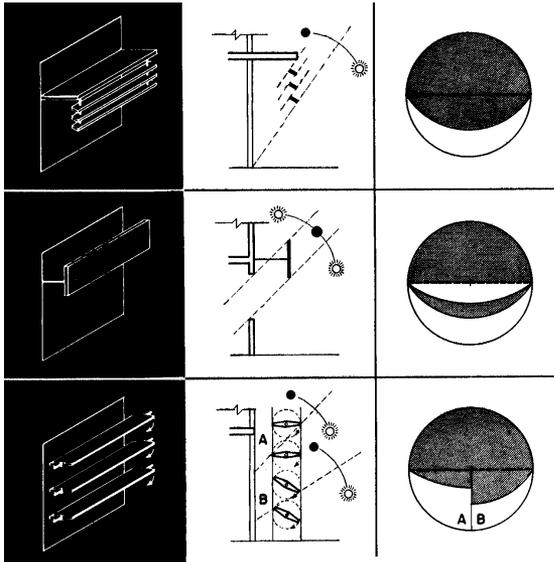
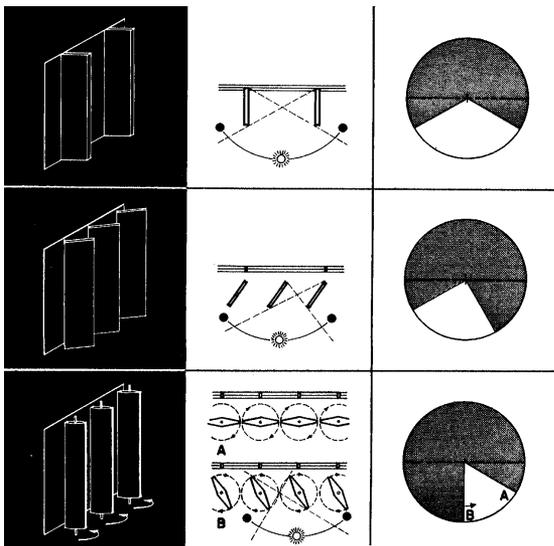
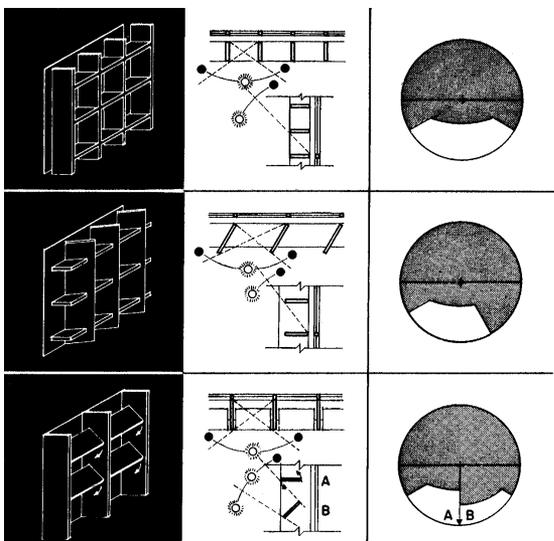
La combinaison d'une protection solaire mobile à l'extérieur et d'un store léger à l'intérieur offre la meilleure possibilité de bien gérer les gains solaires.

## PROTECTIONS EXTÉRIEURES FIXES (35)

axonométrie

coupe

masque


 TYPE HORIZONTAL  
 (Orientation sud et zénithal)

 TYPE VERTICAL  
 (Orientations est et ouest)

 TYPE NID D'ABEILLE  
 (Orientations sud-ouest et sud-est)

Ces systèmes permettent de «canaliser» le rayonnement solaire en fonction de la saison et de l'heure du jour. Suivant le traitement de surface il est possible d'éclairer une pièce en supprimant le rayonnement direct et les éblouissements.

## BR Références

- SIA D 056  
EPFL – ITO / LESO-PB  
«Le Soleil – Chaleur et Lumière dans le bâtiment» (12)
- SIA D 010  
M. Zimmermann  
«Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung» (4, 5)
- VSR, Verband Schweizerischer Rolladen und Storenfabrikanten  
«Untersuchungen über wärme-, licht-, wind-, und schalltechnisches Verhalten von Sonnen- und Wetterschutzanlagen» (3, 15, 16, 32, 33, 34)
- INFOSOLAR  
1ère édition française 1983  
«Quelques exemples d'architecture solaire en Suisse» (8)
- Hannelore Hafer & Rudolf Müller  
Glasarchitektur  
«Bewohnte Glashäuser und Glasanbauten» (9)
- SIGaB, Schweizerisches Institut für Glas am Bau, Zürich  
Glas Docu Spezial  
«Wintergärten» (13)
- SIGaB, Schweizerisches Institut für Glas am Bau, Zürich  
Docu verre 05  
«Jardin d'hiver - vitrage incliné» (14)
- Services de Programmation de la Politique scientifique, Bruxelles  
Architecture et climat  
«Guide d'aide à la conception bioclimatique» (21, 27, 28)
- Victor Olgyay, New Jersey 1963  
Design with Climate  
«Bioclimatic approach to architectural regionalism» (35)
- Autres illustrations et figures réalisées pour cette publication IEU artevetro ag, Liestal (22, 24)  
et P. Gallinelli, CUEPE.

# C – Installations techniques

# Soleil et architecture – Guide pratique pour le projet

## C – Installations techniques

Soleil et architecture –  
Guide pratique pour le projet

Groupe de travail

R. Contini Knobel

J.-C. Enderlin

P. Gallinelli

B. Lachal

H. Marti

P. Minder

P. Schweizer

W. Weber

Responsable de la partie C

B. Lachal

Associations organisatrices

UTS Union Technique Suisse

APE Association professionnelle suisse des  
préposés à l'énergie dans l'entreprise

PROMES Association des professionnels  
romands de l'énergie solaire

SIA Société Suisse des Ingénieurs et  
Architectes

SSES Société suisse pour l'énergie solaire

ISBN 3-905232-05-7

Copyright © 1991 Office fédéral des questions  
conjoncturelles, 3003 Berne, décembre 1991.

Reproduction d'extraits autorisée avec indication de  
la source.

Diffusion: Office central fédéral des imprimés et du  
matériel, 3000 Berne (N° de commande 724.212 f).

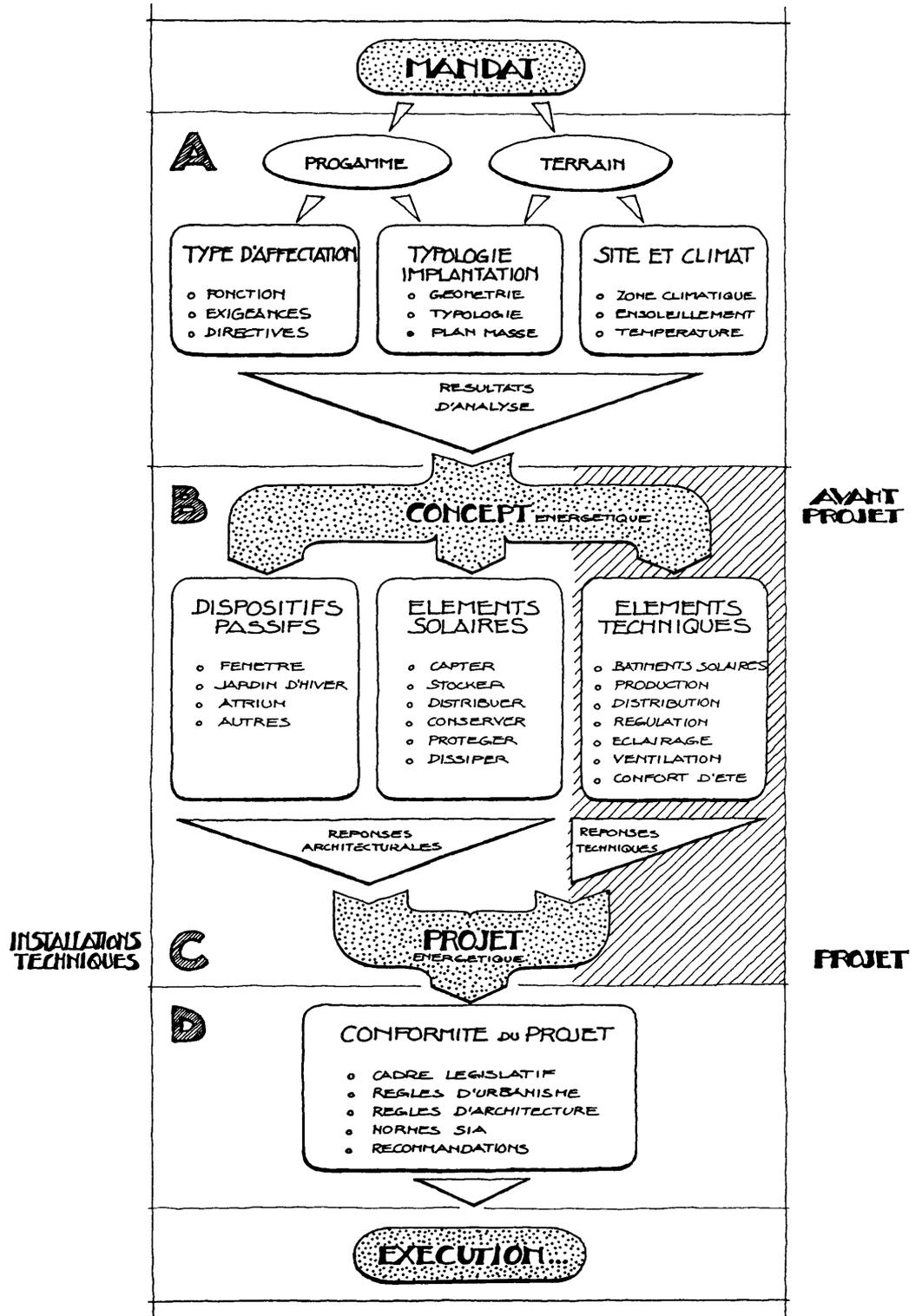
Form. 724.212 f 12.91 1500 56491

---

# C – Installations techniques

## Table des matières

- C1 INTRODUCTION
  
- C2 BÂTIMENTS UTILISANT AU MIEUX  
LES APPORTS SOLAIRES
  
- C3 CONSÉQUENCES SUR LES INSTALLATIONS  
DE PRODUCTION DE CHALEUR
  
- C4 CONSÉQUENCES SUR LES INSTALLATIONS DE  
DISTRIBUTION ET D'ÉMISSION DE LA CHALEUR
  
- C5 CONSÉQUENCES SUR LA REGULATION  
ET LA GESTION DE L'IMMEUBLE
  
- C6 CONSÉQUENCES SUR L'ÉCLAIRAGE
  
- C7 CONSÉQUENCES SUR L'AÉRATION ET LA VENTILATION
  
- C8 CONSÉQUENCES SUR LE CONFORT D'ÉTÉ
  - C8.1 DIMINUER LES APPORTS
  - C8.2 LAISSER FLUCTUER LA TEMPÉRATURE
  - C8.3 LES SYSTÈMES DE RAFRAÎCHISSEMENT
  
- C9 COORDINATION ET PLANIFICATION
  
- CX ANNEXES
  - CX1 LA COGÉNÉRATION OU COUPLAGE CHALEUR-FORCE
  - CX2 L'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL
  - CX3 LES BESOINS EN AÉRATION
  - CX4 LES RÉCUPERATEURS DE CHALEUR
  
- CR RÉFÉRENCES



# C1 Introduction

Si le projet de construction intègre les préoccupations d'économie d'énergie (diminution des pertes, utilisation de l'énergie solaire passive) il est nécessaire d'associer étroitement la conception du bâtiment et le choix des installations techniques:

- production de chaleur
- distribution et émission
- régulation
- éclairage
- climatisation

Un bâtiment conçu pour optimiser l'utilisation de l'énergie solaire doit être pourvu d'une installation technique souple capable d'absorber et de distribuer au mieux cette énergie sous forme de lumière ou et de chaleur. Sans quoi tout l'effort porté à la conception d'un bâtiment bien adapté au climat peut être réduit à néant.

Cette bonne coordination entre l'organisation des espaces, l'enveloppe et les installations suppose aussi une collaboration étroite, dès le début du projet, entre le maître de l'ouvrage, l'architecte et les ingénieurs, et ceci dès les phases préalables jusqu'à la réalisation.

## C2 Bâtiments utilisant au mieux les apports solaires

### Intégration

Une conception correcte des installations techniques permettant de mettre en valeur toutes les qualités thermiques d'un bâtiment s'intègre parfaitement dans la tendance actuelle de construire en tenant compte de plus en plus des problèmes énergétiques et environnementaux.

### Importance des gains solaires

Un bâtiment conçu pour être économe en énergie se caractérise par une proportion importante de gains solaires (1) et internes par rapport aux besoins totaux.

Les besoins de chaleur complémentaires, fournis par le système de chauffage, vont être réduits en moyenne mais seront beaucoup plus variables que dans un bâtiment traditionnel; et ceci aussi bien dans le temps que dans l'espace.

### Inertie thermique

Un second aspect à prendre en compte est la grande inertie thermique rencontrée dans les bâtiments régulièrement occupés. Les écoles sont souvent conçues assez légères afin de pouvoir réchauffer rapidement les locaux.

### Zonage thermique

Il va évidemment fortement influencer tout le système de chauffage.

### Excédent de chaleur possible

L'excédent de chaleur peut se rencontrer en mi-saison et en été, du fait des grandes surfaces vitrées et, quelquefois, de gains internes élevés (2).

### Lumière naturelle

L'importance des surfaces vitrées permet de profiter pleinement de l'éclairage naturel (3).

### Maison familiale jumelée Thônex (Ge) (1)



### Solothurner Zeitung (2)



### Hewlett Packard (3)



## C3 Conséquences sur l'installation de production de chaleur

### Source d'énergie

Son choix se base sur des critères nombreux et de manière relativement indépendante des caractéristiques du bâtiment. Signalons toutefois qu'avec les vitrages actuels il y a un mauvais couplage entre les bâtiments fortement vitrés et les énergies de réseau (électricité, chauffage à distance et dans une moindre mesure le gaz car il est facilement stockable à court terme). En effet, les installations de production et de distribution des énergies de réseau sont basées sur les puissances de pointe et celles-ci sont d'autant plus grandes que les bâtiments sont très vitrés.

### Mode de chauffage

Il est relativement indépendant de l'aspect solaire du bâtiment. Dans le cas de grandes installations (plusieurs centaines de KW, voire plusieurs MW), il peut être judicieux d'installer une centrale de chaleur - force produisant à la fois chauffage et électricité (annexe CX1).

Pour une habitation, un fourneau à bois central permet de créer spontanément le zonage en température depuis le centre vers la périphérie, la masse de l'habitation permettant d'absorber le manque de souplesse de ces installations (4).

### Systèmes mixtes

Un chauffage de base à 17°C environ, couplé à des systèmes individuels auxiliaires présente certains avantages (chacun prend en charge la prestation demandée), il faut toutefois prendre garde aux problèmes posés par une multitude de petits systèmes individuels. Des occupants motivés sont indispensables pour qu'un tel système soit efficace.

### Dimensionnement

Le dimensionnement de l'installation de production de chaleur devra se concevoir en négligeant les gains solaires pour pouvoir faire face aux besoins extrêmes. Il faudra aussi prévoir une réserve pour la remontée en température, principalement dans les bâtiments régulièrement inoccupés (école, immeuble administratif, ...). Dans ce cas, il faudra prendre garde à ce que le rendement de la chaudière reste bon même à charge partielle.

### Arrêt de la chaudière

Quand les gains solaires et internes sont suffisants ou quand le système de chauffage est coupé, l'arrêt de la chaudière permet des gains d'énergies. Il faut là aussi choisir une chaudière le permettant sans risque de corrosion.

*Chauffage à bois dans les immeubles de la rue du Midi, Genève. (4)*



## C4 Conséquences sur les installations de distribution et d'émission de chaleur

### Systèmes à basse température

Ces systèmes diminuent spontanément de puissance quand la température de la pièce augmente (autorégulation). De plus, ils réduisent les pertes de production et de distribution.

### Chauffage par le sol

Il est à éviter dans les parties très vitrées ou présentant des gains internes très variables pour deux raisons:

- ce système d'émission a une grande inertie (constante de temps de plusieurs heures) et est donc problématique à contrôler,
- le sol déjà chaud ne peut plus absorber de chaleur.

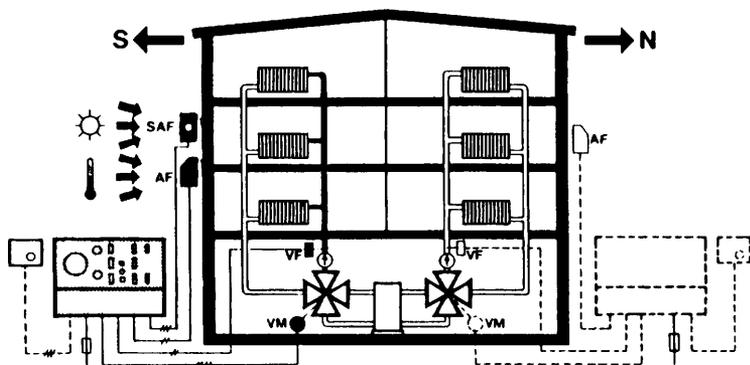
Si l'on veut l'utiliser dans les zones très ensoleillées, il faut prévoir un excellent transfert thermique depuis ces zones à gains gratuits très variables vers des zones plus froides (thermocirculation ou ventilation mécanique, Cf B 3.2).

### Distribution par air

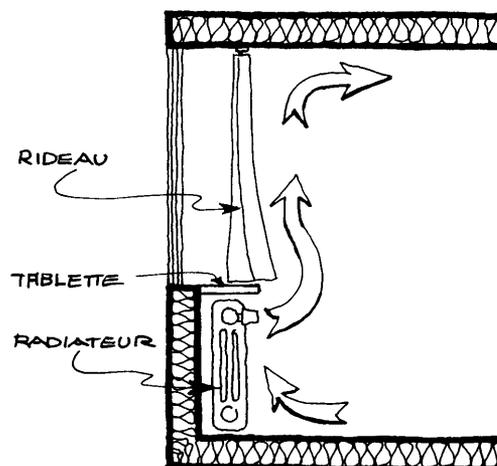
Dans les immeubles administratifs avec traitement de l'air, on véhicule souvent l'énergie avec l'air. Ce transport nécessite lui-même beaucoup plus d'énergie que le transport par eau (environ un facteur 4). C'est pourquoi on revient de plus en plus à une distribution de l'énergie (chaud ou froid) avec de l'eau, la ventilation n'ayant plus comme but que l'aération.

### Plusieurs réseaux de distribution

Pour desservir diverses zones aux caractéristiques différentes (nord-sud, bureaux-distributions, classe-ateliers), ils permettent une gestion plus aisée des installations d'émission et la régulation. Par exemple, on peut prévoir des radiateurs côté sud et un chauffage par le sol au nord, alimentés par 2 réseaux distincts possédant chacun leur régulation (5).



(5) Système à deux réseaux: nord et sud.



(6) Solution correcte

### Emplacement des radiateurs

Il faut prendre garde aux corps de chauffe placés sous les fenêtres pour des raisons de confort car ils sont susceptibles d'augmenter fortement la consommation d'énergie (6).

Un arrangement comme ci-dessus permet de réduire les pertes.

## C5 Conséquences sur la régulation et la gestion de l'immeuble

### Principe de base

C'est au système de chauffage de s'adapter pour fournir la quantité d'énergie juste nécessaire au maintien du confort intérieur. Son rôle est donc de coordonner les installations de chauffage pour qu'elles fournissent le complément de chaleur «exact»: ce qu'il faut là où il faut.

### Réaction de l'utilisateur moyen

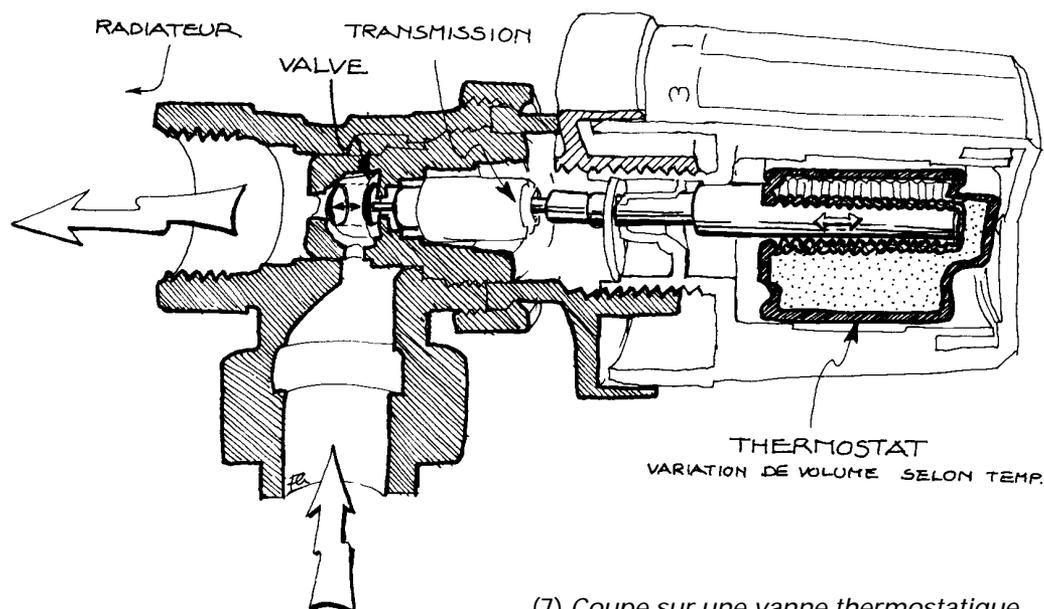
Ce sera de conserver un aussi bon confort que possible. Toutes les expériences montrent qu'il évacue la chaleur excédentaire en ouvrant les fenêtres et qu'il se protège du rayonnement en fermant les stores. Si la régulation permet au système de chauffage l'émission de chaleur à ce moment, il s'ensuivra un gaspillage d'énergie et une mauvaise utilisation des gains solaires.

### Règle fondamentale

Il est donc impératif que la régulation stoppe l'émission de chaleur dès que la température intérieure atteint la limite de confort voulu (21°C par exemple). Seules les régulations qui tiennent compte de la température intérieure peuvent correctement gérer les bâtiments à fort gains gratuits.

### Vannes thermostatiques

Elles remplissent parfaitement ce rôle, mais tout thermostat ambiant peut aussi convenir s'il est convenablement placé. L'avantage des vannes thermostatiques est le réglage pièce par pièce qui est compatible avec le zonage thermique (7).



(7) Coupe sur une vanne thermostatique

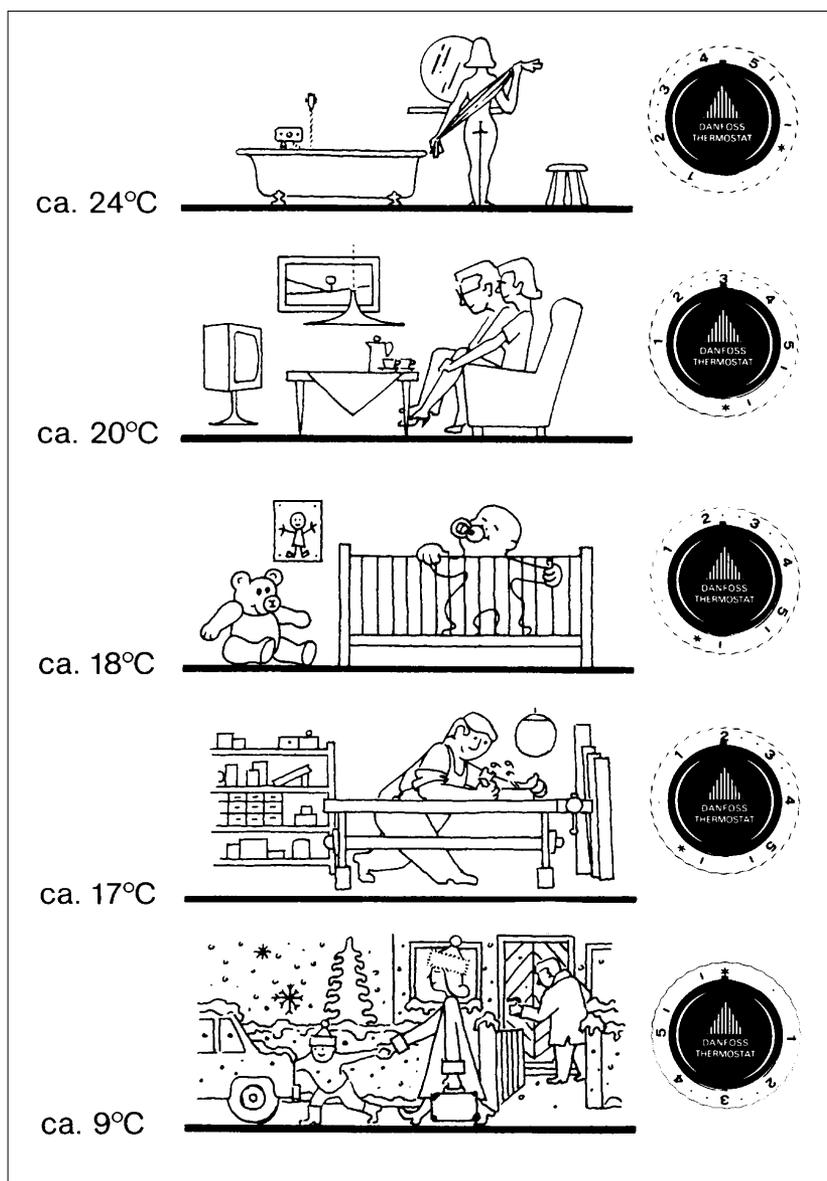
### Abaissement de température

On peut limiter l'influence du comportement de l'utilisateur en réglant la température de distribution en fonction des conditions extérieures (température, vent, soleil,...). Cette amélioration ne dispense pas d'une régulation individuelle des locaux ou des corps de chauffe selon la température de la pièce.

### Information aux utilisateurs

Il faut toutefois prendre garde que des systèmes très performants peuvent être difficiles à mettre au point et que leur utilisation demande une certaine compréhension des phénomènes thermiques. Par exemple, la bonne utilisation par les locataires de vannes thermostatiques rajoutées au cours d'une rénovation nécessite déjà un gros effort d'explication.

(8) Fiche expliquant le fonctionnement des vannes thermostatiques et distribuée aux locataires d'un immeuble rénové.



Le rôle du gérant d'immeuble

La réalisation et la maintenance de régulations élaborées demandent du personnel qualifié et disponible. De même, le rôle du gérant d'immeuble est souvent prépondérant dans la bonne marche d'un système de chauffage: on relève de très grandes différences de consommation entre des bâtiments voisins selon la conscience professionnelle du concierge et son cahier des charges. Cela est dû aussi bien au suivi des installations de chauffage qu'à l'exploitation correcte du bâtiment (surveillance de la chaufferie, de sa bonne marche mais aussi de sa bonne efficacité, fermeture de la porte d'entrée ou des fenêtres de la cage d'escaliers, prise en compte rapide de l'avis des locataires, ...).

Vérification des performances

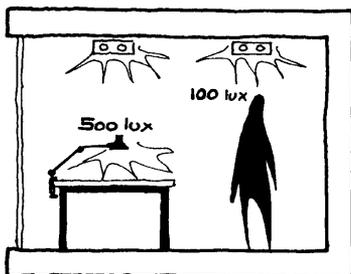
La mise au point des installations techniques, inévitablement complexes et interactives dans les bâtiments d'un certain volume, doit se poursuivre jusqu'à l'obtention des résultats attendus. Une vérification des performances pendant deux années est également souhaitable pour permettre au maître d'oeuvre de vérifier le bien-fondé des investissements, aussi bien sur l'enveloppe que sur les installations techniques.

## C6 Conséquences sur l'éclairage

### Complémentarité

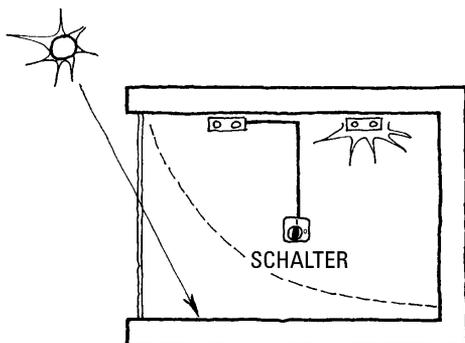
La bonne utilisation des parties vitrées pour l'éclairage suppose une bonne complémentarité entre éclairage électrique et éclairage naturel (annexe CX2).

### Zones distinctes

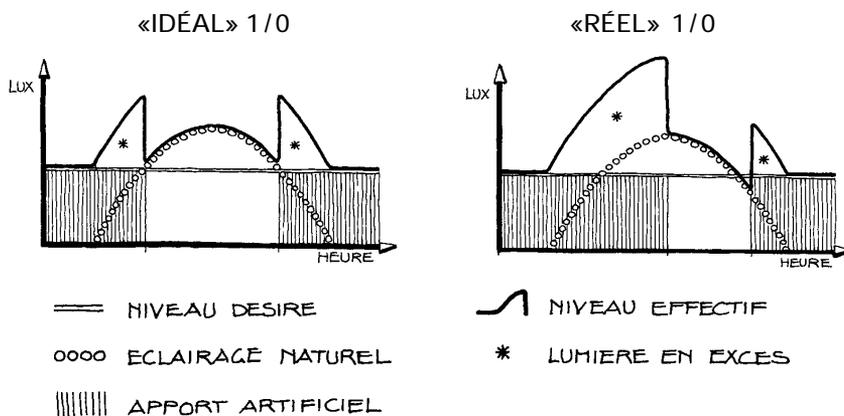


Division de la surface à éclairer en zones contrôlées de manière indépendante, tenant compte de l'éclairage naturel: par exemple zone de travail pas trop éloignée de la fenêtre et éclairée par des lampes de bureaux et zones de circulations éclairées uniformément, réglage par rangées (9).

### Réglage par rangées

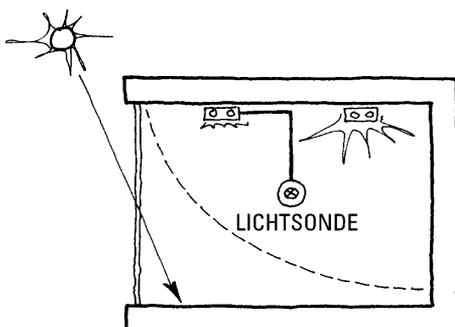


Contrôle en tout ou rien, rangée par rangée, parallèlement aux fenêtres de la façade. Ce contrôle est généralement fait par les occupants selon leurs besoins (10).

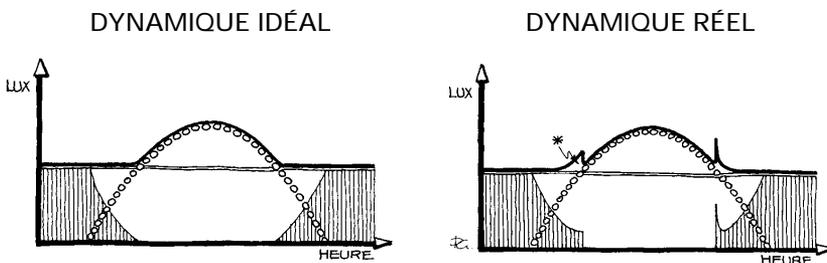


avantages: simple et économe  
inconvénients: changement de luminosité et résultats dépendant de la motivation des occupants

### Réglage automatique



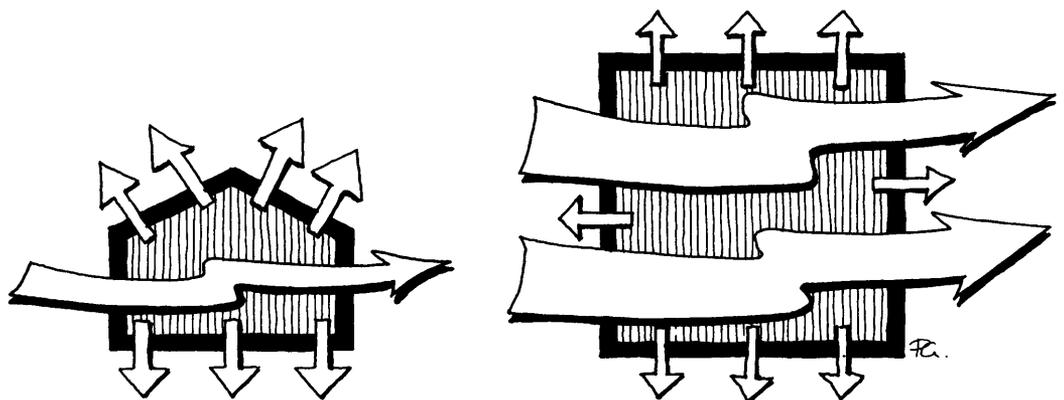
Eclairage artificiel réglé automatiquement par des sondes photo-électriques. Cette méthode demande l'utilisation de tubes fluorescents alimentés à l'aide de ballasts électroniques spéciaux permettant de faire varier le niveau lumineux sans perdre trop d'efficacité (11).



avantages: performant, confortable  
inconvénients: cher et complexe (où placer la cellule de réglage?)

## C7 Conséquences sur l'aération et la ventilation

|                        |  |
|------------------------|--|
| Rôle de la ventilation | <p>Aération des bâtiments étanches pour raisons sanitaires et thermiques (annexe CX3)</p> <p>Dans les bâtiments administratifs: transport et distribution de l'énergie de chauffage ou de refroidissement.</p>   |
| Principes              | <p>ventiler ce qu'il faut: ni trop, ni trop peu, en tenant compte des besoins réels.</p> <p>ventiler quand il faut: inutile d'amener de l'air neuf si le bâtiment est inoccupé, l'aération naturelle suffit.</p> <p>ventiler où il faut: inutile de climatiser des locaux inoccupés</p> <p>ventiler comme il faut: de l'air trop froid ou circulant à trop grande vitesse est inconfortable.</p>                                   |
| Transfert des calories | <p>Utiliser la ventilation pour transférer les gains solaires des parties sud vers les zones plus froides.</p>   |
| Consommation           | <p>Au niveau énergétique, la part que prendra le renouvellement d'air va beaucoup dépendre du facteur de forme du bâtiment.</p> <p>Pour un bâtiment de petite dimension comme une villa, l'accent devra être mis plutôt sur la qualité de l'enveloppe tandis que pour un grand volume comme un immeuble administratif un très bon traitement de l'air est indispensable pour obtenir une faible consommation énergétique (12).</p> |



(12) Déperditions thermiques pour un grand et un petit bâtiment.

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Récupération                 | <p>Il faut récupérer le maximum d'énergie thermique en hiver par des récupérateurs de bonne qualité (annexe CX4)</p>   |
| Electricité                  | <p>Les ventilateurs sont de grands consommateurs d'énergie, importantes économies possibles, effets de cascade en été où cette énergie réchauffe l'air que l'on vient de refroidir.</p>              |
| Taux variable de ventilation | <p>De nouvelles possibilités apparaissent: régulation du taux de ventilation automatiquement en fonction du taux de CO<sub>2</sub>, d'humidité où du nombre de personnes comptées dans la salle.</p> |

## C8 Conséquences sur le confort d'été

### C8.1 Diminuer les apports

#### Protections solaires



Des protections solaires efficaces sont indispensables pour conserver des températures agréables en été, principalement pour les orientations ouest et les ouvertures horizontales(13). Choisir des protections en fonction de la lumière désirée: faible dans les habitations, élevée dans les écoles et les bureaux. Les gains solaires sont souvent la première cause de climatisation dans les immeubles administratifs fortement vitrés et mal protégés.

(13) *Bâtiment Hewlett-Packard.*

#### Isolation des parties exposées

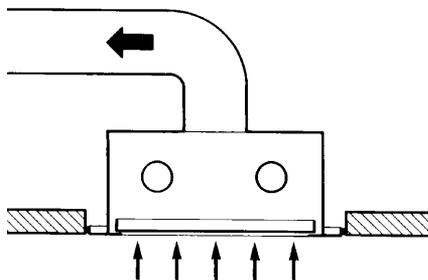
Une très bonne isolation des parties opaques exposées au soleil est nécessaire, surtout sous toiture. Elle permettra par la même occasion de diminuer les pertes en hiver.

#### Eclairage

Un éclairage bien conçu et une bonne complémentarité avec l'éclairage naturel permet de diminuer les apports thermiques (Cf C.5).

#### Evacuation des gains internes

L'évacuation, dès leur production, des gains internes rendus minimum évite les surchauffes aux place de travail.

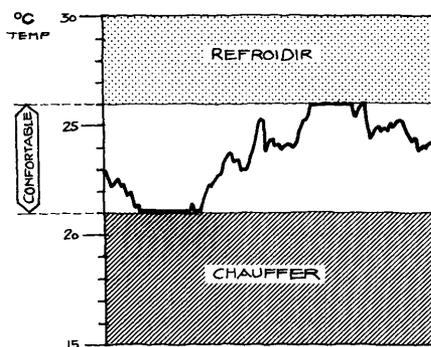


Par exemple, des luminaires spéciaux existent où sont intégrés des reprises d'air pour évacuer les calories. Celles ci peuvent être ensuite soit récupérées (hiver), soit évacuées (été). (14)

(14) *Evacuation des calories des luminaires.*

### C8.2 Laisser fluctuer la température

#### Régulation



Dans les immeubles administratifs climatisés, la régulation devrait permettre à la température de fluctuer librement jusqu'à 26°C environ. De cette façon, l'inertie du bâtiment peut absorber une partie des charges thermiques, et les besoins en froid, donc en énergie, sont fortement réduits (15).

(15) *Limites des fluctuations des températures dans un immeuble administratif.*

#### Confort

Le confort obtenu est souvent ressenti comme agréable car la différence de température entre extérieur et intérieur est à peu près constante, contrairement aux bâtiments climatisés. Dans ce dernier cas, l'inertie du bâtiment est tout à fait inutilisée.

## C8.3 Les systèmes de rafraîchissement

Pendant la période de canicule certaines méthodes de rafraîchissement peuvent être utilisées pour limiter la température dans les locaux. Ces méthodes devraient toujours être étudiées avant de décider la climatisation d'un bâtiment car elles peuvent conduire à un excellent confort, des coûts d'installation et de maintenance beaucoup plus bas qu'une climatisation traditionnelle.

## L'aération naturelle

De jour, l'augmentation de la vitesse de l'air augmente le confort, de nuit l'air refroidit la construction et accumule du frais pour la journée. Pour assurer le taux de renouvellement nécessaire, il faut prévoir des ouvertures permettant à l'air de traverser le bâtiment de bas en haut ou au moins d'une façade à l'autre.



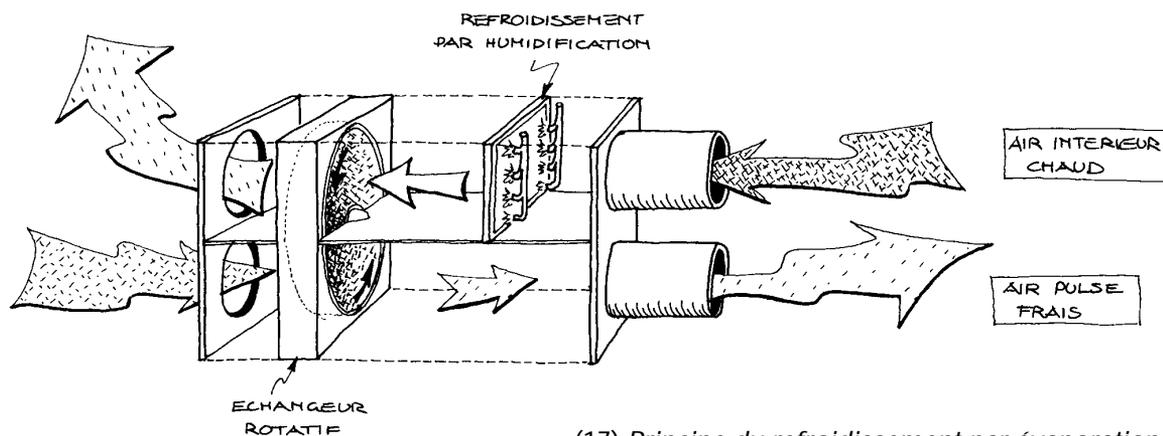
(16) Ventilation de la rue couverte à Schmittgen.

## L'aération mécanique

Elle est nécessaire si le bâtiment se trouve en zone bruyante ou ne permet pas une aération naturelle suffisante.

## Refroidissement par évaporation

L'air pulsé est rafraîchi par augmentation de son humidité. Pour éviter des problèmes d'humidité dans le bâtiment, un échangeur de chaleur peut être utilisé. Par exemple, de l'air extérieur à 30°C et 30% d'humidité est refroidi à 18°C si on le sature d'eau (17).



(17) Principe du refroidissement par évaporation.

## Source de froid

Ce peut être: le sous-sol, une cave, un cours d'eau... De très bons résultats sont obtenus à condition de bien dimensionner l'installation de ventilation pour éviter un réchauffement de l'air pulsé par l'énergie du ventilateur, par infiltration dans les gaines situées avant le ventilateur et se trouvant en dépression ou par échange thermique à travers les parois des gaines.

## C9 Coordination entre architectes et ingénieurs spécialisés

### Complémentarité

Un bâtiment économique en énergie, utilisant de manière efficace l'énergie solaire pour l'éclairage et le chauffage, nécessite une bonne complémentarité entre l'enveloppe et les installations.

Pour assurer cette complémentarité, il s'agit dès les premières phases du projet de faire intervenir les ingénieurs spécialisés pour les installations de chauffage, de ventilation et d'éclairage de manière à préciser le concept énergétique et les principes de cette complémentarité (18).

Cette collaboration étroite ne doit pas déboucher sur des installations plus complexes, mais au contraire permettre de choisir les dispositifs les plus appropriés et les plus simples pour le bâtiment projeté.

### Une équipe

L'architecte ou le coordinateur des travaux doit s'entourer d'une équipe compétente dont l'importance dépendra de la complexité du bâtiment (19)

### Un langage commun

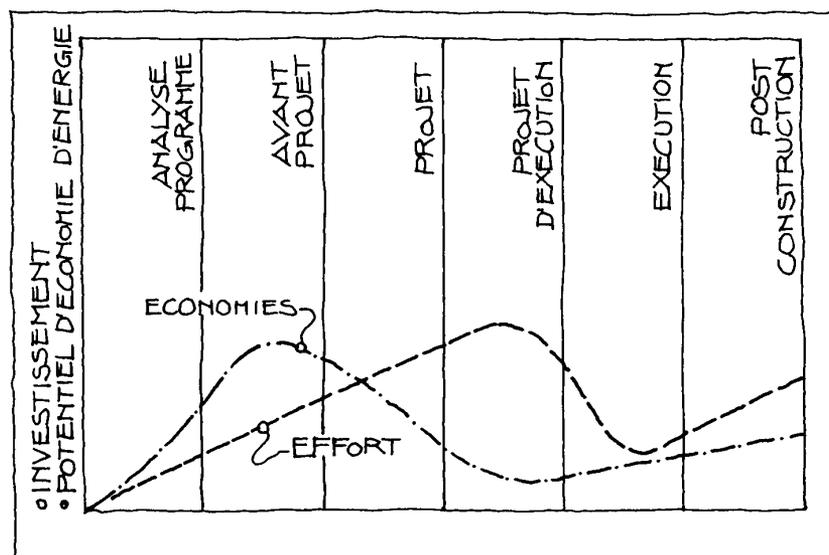
Une bonne collaboration au stade du projet entre architecte et ingénieurs spécialisés nécessite une connaissance minimum du domaine traité de manière à trouver un langage commun.

Par exemple, un ingénieur ou une entreprise de ventilation responsable de l'extraction de l'air vicié d'un bâtiment doit aussi pouvoir conseiller l'architecte sur les infiltrations d'air de l'enveloppe et sur la convection naturelle.

L'organisation de formations plus complètes d'ingénieurs spécialisés, le renforcement de la physique du bâtiment dans les écoles d'architecture ou encore les cours du programme d'impulsion doivent permettre cette pratique d'équipe.



(19)



(18) Les économies d'énergies peuvent être maximisées dans l'avant-projet avec peu d'efforts. D'où la nécessité de faire intervenir la réflexion et les ingénieurs spécialisés dès cette phase du travail.



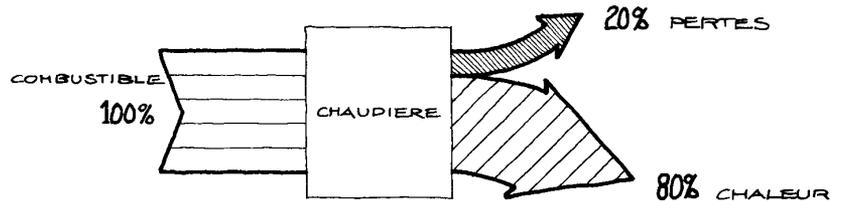
## CX1 La cogénération ou couplage chaleur-force (CCF)

### Description

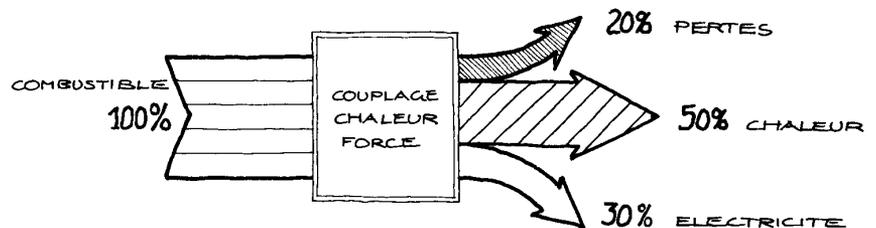
On appelle cogénération ou couplage chaleur-force (CCF) la production simultanée de chaleur et d'électricité.

Le but n'est pas de produire plus d'énergie mais de produire en plus de la chaleur de l'électricité, énergie plus noble et plus chère.

#### (20) Production « normale » de chaleur

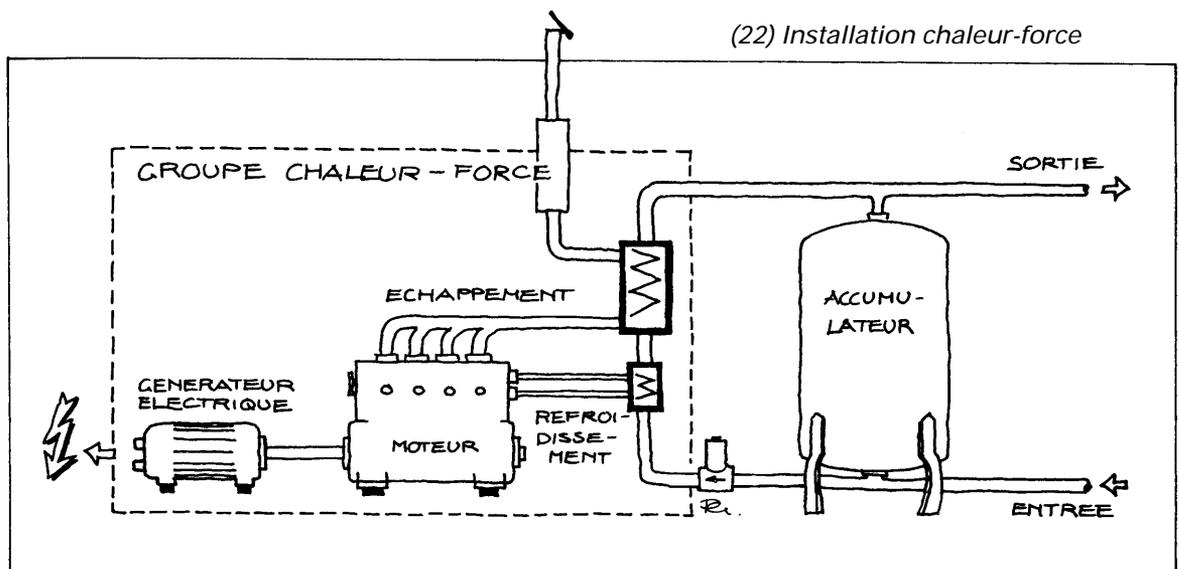


#### (21) Couplage chaleur-force



### Groupes de CCF

Dans les « petites installations » (immeubles administratifs, hôpitaux, quartier), on installe plusieurs unités pour pouvoir adapter la puissance aux besoins.



### Critère de bon fonctionnement

Il nécessite des besoins en chaleur et en électricité simultanés et dans un rapport correspondant aux caractéristiques du CCF ou bien de pouvoir revendre l'électricité à un prix permettant de couvrir le prix de production.

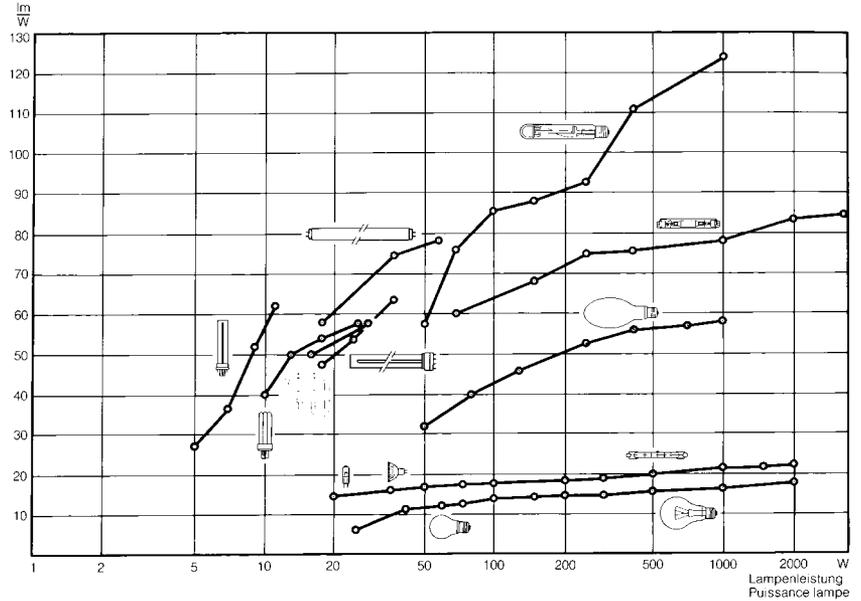
Une solution consiste à alimenter une pompe à chaleur avec la force produite, ce qui assure la simultanéité des besoins, réduits à de la chaleur, tout en restant très performant énergétiquement.

## CX2 L'éclairage artificiel

Une meilleure efficacité énergétique pour l'éclairage passe par:

Sources lumineuses

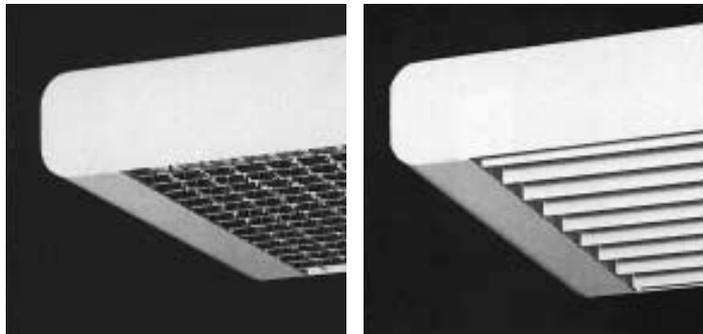
Des sources lumineuses efficaces et de bonne qualité (rendu des couleurs,...),



(23) Rendement lumineux de diverses sources.

Luminaires

Des luminaires également efficaces et donnant satisfaction au niveau du confort (éblouissement, uniformité,...),



(24) Le luminaire de droite est de 50% plus efficace que celui de gauche, indépendamment de la qualité lumineuse.

Aménagement

Des murs et un plafond de couleur claire dans la mesure du possible.

Utilisation

L'adaptation de la durée d'éclairage à l'occupation est une source importante d'économie.

## CX3 Les besoins en aération

### Causes

- humidité

|                                       | eau                 |
|---------------------------------------|---------------------|
| Personne tranquille                   | 50 g/h              |
| Personne active                       | 250 g/h             |
| Préparation repas                     | 1000 g/h            |
| Toilettes et bains                    | 400 g/h             |
| Lavage du sol                         | 23 g/m <sup>2</sup> |
| Plantes                               | 10 g/h              |
| Total pour une famille de 4 personnes | 8,5 l/jour          |

- besoins en oxygène

- éliminations du CO<sub>2</sub>

- odeurs corporelles

- fumées,...

- polluants intérieurs

|                     | Rejets CO <sub>2</sub> | Ventilation pour limite |                        |
|---------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
|                     |                        | 1500 ppm                | 1200 ppm               |
| Personne tranquille | 15 l/h                 | 13 m <sup>3</sup> /h    | 17 m <sup>3</sup> /h   |
| Travail léger       | 23 l/h                 | 20 m <sup>3</sup> /h    | 26 m <sup>3</sup> /h   |
| Travail manuel      | 30 l/h                 | 25 m <sup>3</sup> /h    | 33 m <sup>3</sup> /h   |
| Tâche dure          | > 30 l/h               | > 25 m <sup>3</sup> /h  | > 33 m <sup>3</sup> /h |

1500 ppm: limite sanitaire à ne pas dépasser  
(\* 1ppm = 1 partie par million)

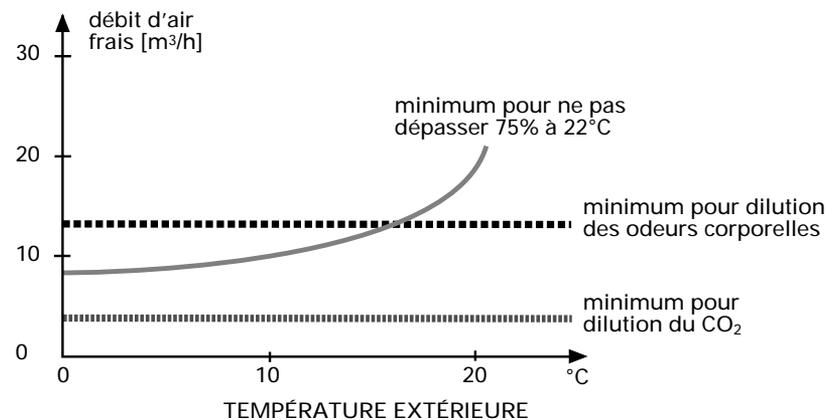
composants produits par les matériaux constituant l'enveloppe, le mobilier ou l'aménagement:

- formaldéhyde,
- radon,
- composés organiques: solvants, pigments,...
- poussières, moisissures,

### Besoins

Le taux de ventilation devra être suffisant pour diluer les polluants, éliminer l'humidité et amener l'oxygène nécessaire. En mi-saison, lorsque le contenu en vapeur d'eau de l'air extérieur augmente, l'élimination de l'humidité exige une plus forte ventilation qu'en hiver.

(25) Débit d'air nécessaire pour un adulte.



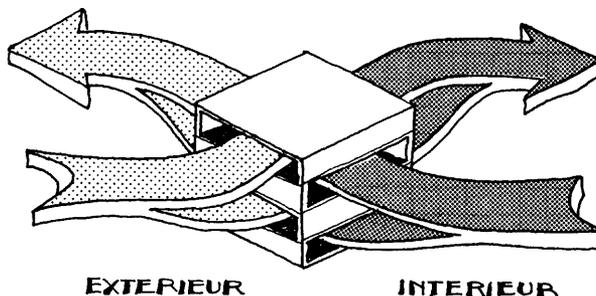
### Régulation sur CO<sub>2</sub>

La très faible teneur naturelle en CO<sub>2</sub> dans l'air en fait un très bon indicateur de taux de pollution dans les locaux où la source principale de production est représentée par les occupants ou la combustion.

## CX4 Les récupérateurs de chaleur

### Récupérateurs à plaques

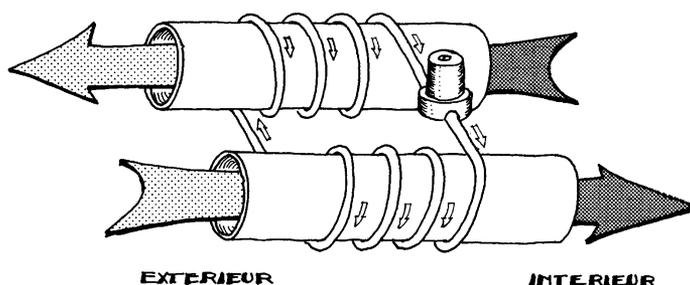
Les gaines pour l'entrée de l'air neuf et pour la sortie de l'air vicié se croisent (26)



Efficacité: 50 à 60 %  
 Humidité récupérable avec plaques spéciales  
 Contamination très faible (fuites)  
 Gel lent possible si la température extérieure est  $< -10^{\circ}\text{C}$

### Récupérateurs à eau glycolée

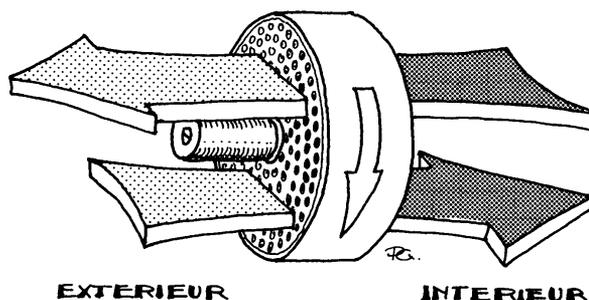
Les gaines pour l'entrée de l'air frais et pour la sortie de l'air vicié peuvent être éloignées (27).



Efficacité: 45 à 60%  
 Humidité non récupérable  
 Pas de contamination  
 Gel rapide si la température extérieure est  $< -15^{\circ}\text{C}$

### Récupérateurs à roue

Les gaines pour l'entrée de l'air neuf et pour la sortie de l'air vicié se croisent



Efficacité: 55 à 80 %  
 Humidité récupérable avec roue spéciale  
 Contamination: 5 à 10% d'air recyclé  
 Gel possible si la température extérieure est  $< -20^{\circ}\text{C}$

## CR Références pour les figures et illustrations

- «1er Prix romand d'architecture solaire 1989», édité par  
la Société Vaudoise d'Energie Solaire (1)
- «Les grands travaux de la ville de Genève»,  
édité par la ville de Genève (4)
- «Systèmes de chauffage pour maisons à basse consommation  
d'énergie», programme d'impulsion 1987, N° 724.609f (5)
- Catalogue «Danfoss» (8)
- Catalogue «Regent» (14, 23, 24)
- «Energy Design for Architects», Alexander Shaw Editor, 19 (18, 19)
- «Chaleur et lumière dans le bâtiment», SIA, D056 (25)
- Autres illustrations et figures réalisées pour cette publication: P. Gallinelli, CUEPE.

# D – Autorisation de construire

## Normes SIA

# Soleil et architecture – Guide pratique pour le projet

## D – Autorisation de construire Normes SIA

Soleil et architecture –  
Guide pratique pour le projet

Groupe de travail

R. Contini Knobel

J.-C. Enderlin

P. Gallinelli

B. Lachal

H. Marti

P. Minder

P. Schweizer

W. Weber

Responsable de la partie D

H. Marti, P. Minder

Associations organisatrices

UTS Union Technique Suisse

APE Association professionnelle suisse des  
préposés à l'énergie dans l'entreprise

PROMES Association des professionnels  
romands de l'énergie solaire

SIA Société Suisse des Ingénieurs et  
Architectes

SSES Société suisse pour l'énergie solaire

ISBN 3-905232-05-7

Copyright © 1991 Office fédéral des questions  
conjoncturelles, 3003 Berne, décembre 1991.

Reproduction d'extraits autorisée avec indication de  
la source.

Diffusion: Office central fédéral des imprimés et du  
matériel, 3000 Berne (N° de commande 724.212 f).

Form. 724.212 f 12.91 1500 56491

# D – Autorisation de construire – Normes SIA

## Table des matières

### D PROJET DÉFINITIF / PERMIS DE CONSTRUIRE

#### D1 INTRODUCTION

#### D2 CADRE LÉGISLATIF GÉNÉRAL

##### D2.1. NIVEAU FÉDÉRAL

##### D2.2. NIVEAU CANTONAL

##### D2.3. NIVEAU COMMUNAL

#### D3 RÈGLES D'URBANISME ET ÉLÉMENTS ARCHITECTURAUX

#### D4 DISPOSITIONS TECHNIQUES

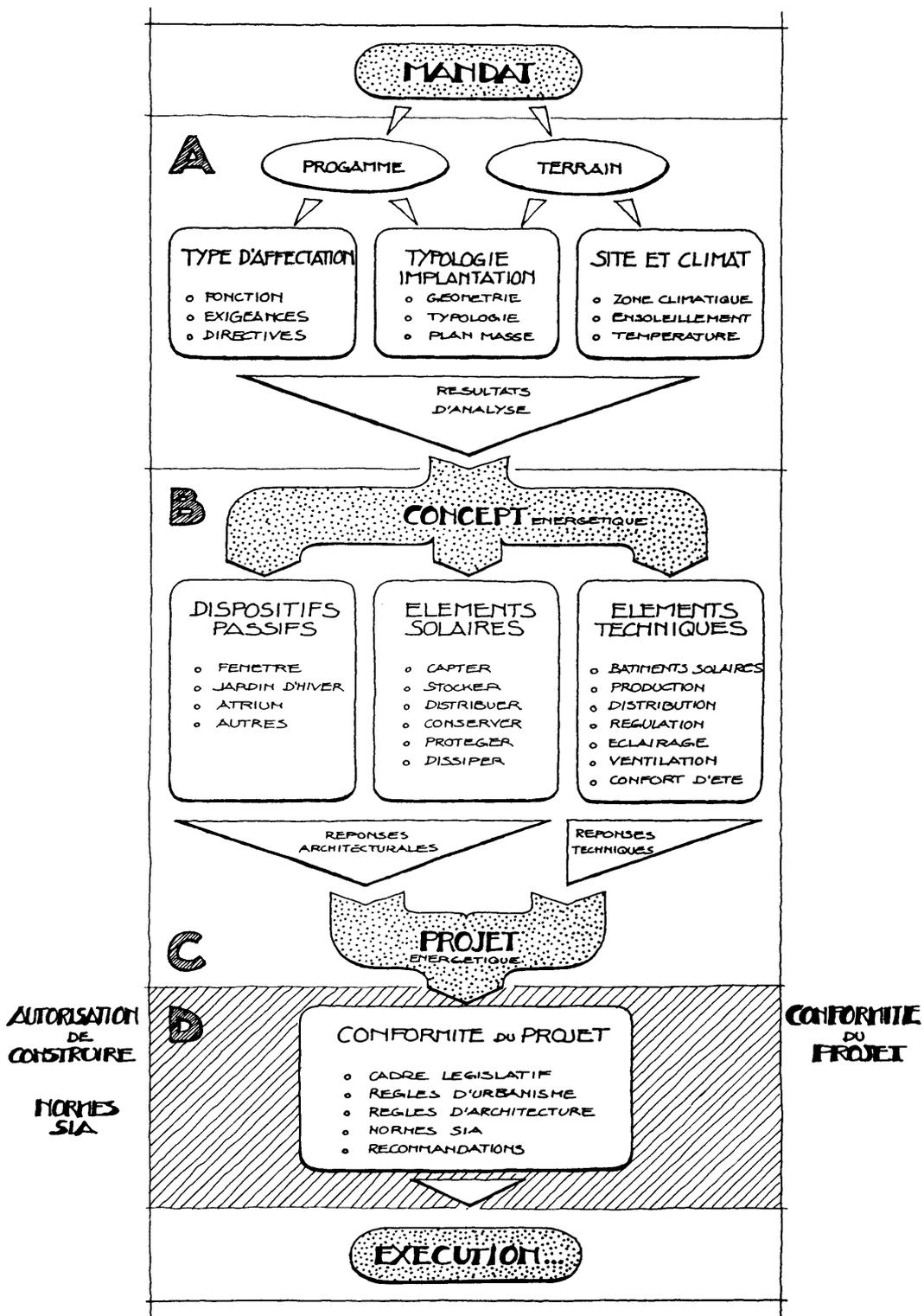
#### D5 RÈGLES PROFESSIONNELLES, NORMES ET RECOMMANDATIONS SIA

#### D6 CONCLUSIONS

#### DX ANNEXES

##### DX1 RECOMMANDATION SIA 380/1

##### DX2 DROIT AU SOLEIL



## D1 Introduction

Un projet de construction qui comporte des éléments de captage passif de l'énergie solaire ne diffère pas fondamentalement, pour ce qui est du projet, puis des dispositions légales et des règlements à appliquer, d'un projet courant.

Selon le résultat des évaluations faites dans la phase d'avant-projet (voir ch. A, B, C ci-dessus), le parti architectural choisi obligera l'architecte à en vérifier la conformité aux règlements de construction communaux et cantonaux, voir à trouver une interprétation des règlements rendant tel ou tel dispositif «non réglementaire» possible.

Un certain nombre de dispositions légales tendant à encourager l'utilisation des énergies renouvelables et de l'énergie solaire existent sur les plans suisses et cantonaux, voir communaux. Leur application dépend en fait de la connaissance que l'architecte et l'ingénieur en ont, ainsi que de leur volonté d'en tirer profit afin de réaliser une construction conçue pour l'utilisation de l'énergie solaire passive.

Selon le parti architectural choisi et les matériaux proposés, des «négociations» seront nécessaires au niveau de la commune et/ou du canton lors du dépôt de la demande de permis de construire.

La demande d'autorisation de construire est la procédure instaurée par la collectivité pour contrôler la conformité d'un projet aux règlements de construction.

L'obtention du permis de construire, délivré par la commune ou le canton, dépend donc essentiellement de facteurs que l'on peut classer schématiquement de la manière suivante:

- Cadre législatif général
- Règles d'urbanisme et éléments architecturaux
- Dispositifs techniques

## D2 Cadre législatif général

Comme déjà relevé plus haut, toutes les constructions, solaires ou non, sont soumises au même cadre législatif, soit au:

### D2.1 Niveau fédéral

#### D2.1.1 Loi fédérale sur l'aménagement du territoire

#### D2.1.2 Arrêtés en matière d'énergie (article constitutionnel sur l'énergie en préparation).

### D2.2 Niveau cantonal

#### D2.2.1 Lois cantonales sur l'aménagement du territoire et sur les constructions avec les plans d'affectation du sol et leurs règlements d'application (remarque: les lois cantonales peuvent avoir des noms différents selon les cantons).

#### D2.2.2 Articles relatifs à l'énergie (Lois sur les constructions et l'aménagement).

### D2.3 Niveau communal

#### D2.3.1 Plan d'affectation communal (ou plan des zones)

#### D2.3.2 Règlement communal sur le plan d'affectation (ou plan des zones) et des constructions.

#### D2.3.3 Articles traitant de l'énergie insérés dans le règlement sur les constructions ou parfois, règlement communal propre aux questions énergétiques.

### D2.4 Règles professionnelles

#### D2.4.1 Normes et recommandations SIA, en particulier celles traitant de l'énergie dans le bâtiment (No.180-180-4, 380/1 et 384/2)

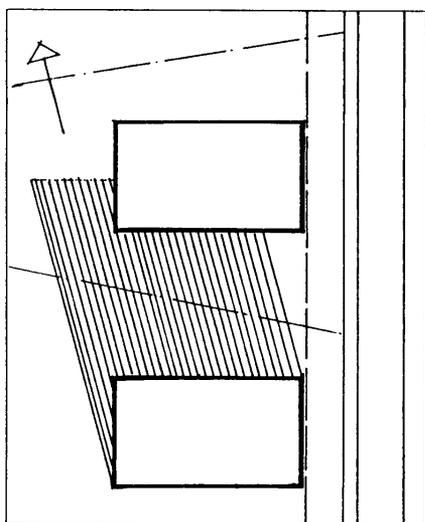
#### D2.4.2 Règlements et normes propres aux associations professionnelles. (*Annexe DX 1*)

### D3 Règles d'urbanisme, règlements concernant les éléments architecturaux

L'architecte et l'ingénieur doivent, avec leur acquis professionnel, savoir composer avec ces règlements. Ils peuvent, dans les grandes lignes, être abordés de la manière suivante:

#### D3.1 Plan des zones, plan d'affectation, orientation, volumes, densité

Selon les conclusions de l'étude préliminaire (phases A, B, C), l'élaboration d'un plan de quartier ou plan d'extension partiel peut s'avérer intéressante. Avantage: cette procédure permet d'obtenir des solutions plus intéressantes en fonction du site et du programme; elle permet souvent de faire passer des propositions pour une meilleure utilisation du sol et des énergies renouvelables.



Implantation (1)

#### D3.2 Implantation

Les règlements de zones ou de construction contiennent souvent des dispositions concernant:

- l'alignement des constructions
- l'implantation parallèle aux routes
- l'implantation parallèle aux courbes de niveau

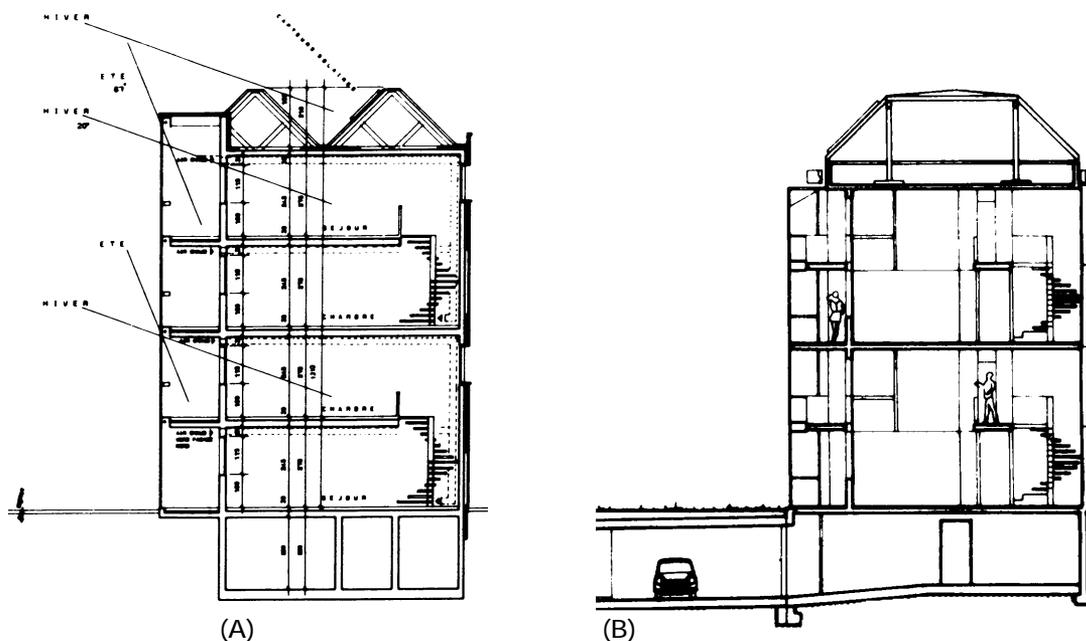
Dans beaucoup de cas, ces règles correspondent à une utilisation type du terrain et permettent une implantation correcte par rapport à l'ensoleillement. (1)

L'orientation par rapport au sud est un facteur important pour déterminer l'implantation; d'autres critères, en outre la vue, l'environnement bâti ou les conditions géographiques locales, entrent aussi en ligne de compte.

Toutefois, l'analyse du site et le projet architectural comme réponse au programme et aux exigences techniques peuvent imposer une autre implantation. Dans ce cas, les articles sur les économies d'énergie fournissent la plupart du temps à l'architecte les arguments nécessaires pour défendre une solution plus intéressante que celle qui découlerait de l'application directe des règlements.

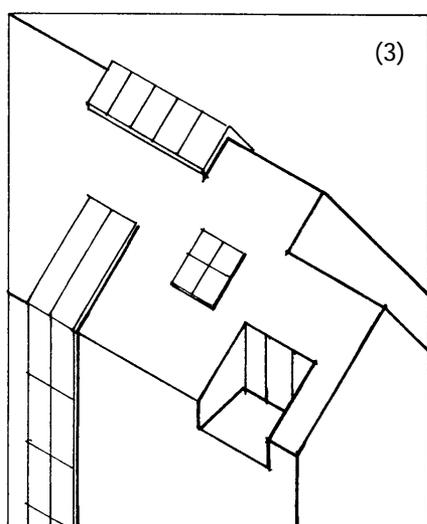
### D3.3 Gabarits

Les pentes des toits et l'orientation des faîtes sont souvent imposées par les règlements de zones et de construction. Une dérogation peut être justifiée sur la base d'une étude approfondie de l'ensoleillement.



(2) Logements à Préverenges: toiture prévue lors du concours (A) et réalisé (B) pour des raisons légales

### D3.4 Matériaux de couverture, limitation des ouvertures en toiture, éléments en saillie sur le toit



Les règlements de construction contiennent des dispositions plus ou moins contraignantes à ce sujet. Les proportions par rapport à la longueur, respectivement par rapport à la surface du toit, sont également réglementées. Dans certains cas, ces règles peuvent poser des problèmes pour la conception des

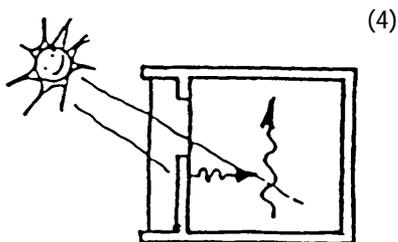
- surfaces de captage;
- des serres incluses dans la surface du toit;
- de vitrages verticaux inclus dans le toit;
- de balcons encastrés.

Justifiées par des arguments d'utilisation judicieuse des énergies renouvelables, des dérogations aux règlements peuvent être obtenues.

### D3.5 Eléments particuliers propres à l'architecture dite «solaire»

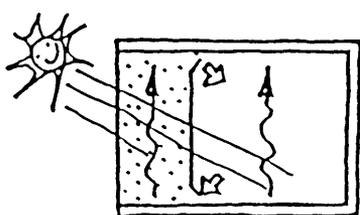
#### D3.5.1 Grandes ouvertures en façade sud, façades sud entièrement vitrées

- vérifier les problèmes d'esthétique et d'intégration (notamment en site sensible);
- assurer les rapports avec l'environnement naturel et bâti;
- matériaux de construction:  
vérifier / négocier les prescriptions des règlements;
- analyser les problèmes d'éblouissement;
- selon la situation urbaine et le programme des locaux: vérifier si les normes SIA 180, 181 et 181/1 peuvent être respectées;
- la réalisation de vitrages de surface importante doit être justifiée par la conception énergétique.



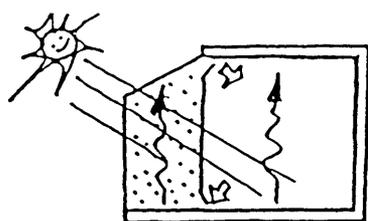
#### D3.5.2 Façades double peau

Selon les règlements, sa surface sera comptée ou non dans le coefficient d'occupation du sol; toutefois, l'apport d'énergie par cet espace non habitable qu'est la «double peau» devrait amener les autorités à ne pas en tenir compte dans le calcul des surfaces bâties et de plancher brut, ainsi que des distances aux limites.



#### D3.5.3 Balcon vitré, véranda

- leur saillie maximale autorisée varie selon les cantons et les communes et influence ainsi plus ou moins les distances du bâtiment par rapport aux limites et aux alignements;
- s'ils comportent des éléments porteurs qui partent du terrain, leur surface entre en général dans les calculs d'utilisation du sol et de surface de plancher.

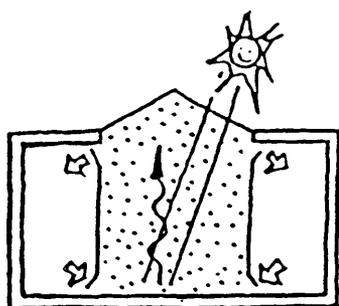


#### D3.5.4 Jardins d'hiver

- les remarques faites pour les façades «double peau» sont valables;
- selon l'endroit, le jardin d'hiver construit sur plusieurs niveaux influence le calcul d'utilisation du sol;
- il s'agit, là aussi, d'utiliser les dispositions dans les règlements et lois qui avantagent la réalisation de jardins d'hiver;
- dans certains cantons, les jardins d'hiver peuvent être construits en-deçà des distances réglementaires ou peuvent empiéter sur les alignements de construction;
- une remarque: les serres/jardins d'hiver sans interface (donc «serres chauffées») ne sont pas défendables.

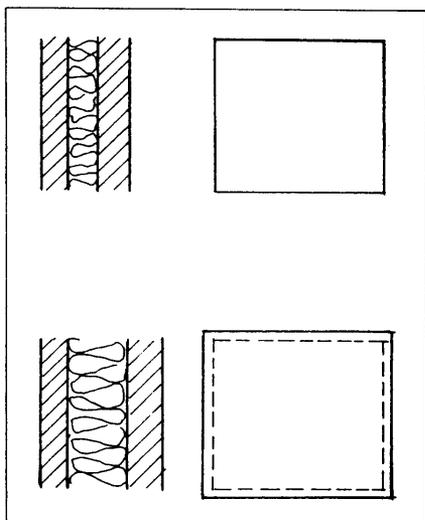
#### D3.5.5 Atriums et cours intérieures

- sont des éléments intéressants sur le plan de l'éclairage naturel notamment et permettent de créer des zones de contact et d'animation intéressantes;
- l'intégration d'un atrium dans un projet influence forcément les dimensions extérieures d'un bâtiment, donc ses distances aux limites; sont également à prendre en compte les longueurs maximales des façades données par les règlements;
- la réalisation d'un atrium peut relier deux corps de bâtiment et ainsi permettre de ne pas tenir compte des distances obligatoires à observer entre deux bâtiments situés sur une même parcelle (attention toutefois aux distances aux limites fonction de la longueur de façade);



- par principe non chauffé, cet espace devrait être considéré comme une cour intérieure, telle qu'on la connaissait dans les anciens règlements sur la salubrité des constructions et ainsi, à partir d'une surface minimale définie selon le nombre des étages, ne pas entrer dans le calcul des surfaces.

#### D3.5.6 Isolation renforcée



- en moyenne, le calcul des déperditions thermiques selon la SIA 180/1 conduit à des isolations thermiques de l'ordre de 6 à 8 cm d'épaisseur. Selon les cas et les comparaisons, une isolation thermique poussée jusqu'à des épaisseurs de 15, voir 18 cm, reste économiquement intéressante;
- cette surépaisseur pénalise le constructeur par une réduction de la surface de plancher;
- des dérogations sont donc à discuter de cas en cas (distance aux limites, longueur maximales des façades, alignements, etc.).

#### D3.6 Droit au soleil

Il s'agit là plutôt d'un postulat:

- le droit au soleil est une notion qui n'est que très peu développée dans les règlements de construction; elle existe tout au plus dans la définition des hauteurs de corniche et de faîte et par les distance aux limites et bâtiments voisins, fixées en proportion de la hauteur et parfois en fonction de l'orientation des bâtiments (par ex. à Neuchâtel);
- dans le cas où une parcelle subit une «mise à l'ombre» trop importante par des constructions voisines projetées selon les règlements, on peut se demander si une dérogation d'implantation (alignements, distances aux limites) pourrait être envisagée;
- l'inverse pourrait aussi être imaginé: celui qui masque par une construction le soleil sur une parcelle voisine, devrait être obligé d'utiliser le solaire passif dans sa construction... un postulat, qui mériterait une certaine réflexion. (*Annexe DX2*)

## D4 Dispositions techniques

que les architectes et ingénieurs ont à prendre en considération.

Il s'agit principalement des règlements sur la police du feu (dans le cas de réalisations d'atriums et de cours intérieures, des règles particulières sont à observer) et des règlements sur la sécurité et la salubrité des constructions contenus dans les lois cantonales.

## D5 Règles professionnelles Normes et recommandations SIA

### D5.1 Avant-propos

Il paraît utile ici de voir si et de quelle manière les normes et recommandations SIA en vigueur actuellement tiennent compte du potentiel d'utilisation de l'énergie solaire passive présent dans un projet ou une réalisation. Par la même occasion, il est nécessaire de préciser l'utilité de ces règles et comprendre de quelle manière elles sont intéressantes pour l'architecte.

### D5.2 Constat

Les architectes ne se sentent pas ou peu concernés par les différentes normes et recommandations relatives à l'énergie. Ils préfèrent déléguer ces aspects à des bureaux techniques spécialisés. Ceux-ci n'ont, par contre et par la force des choses, pas la vision globale nécessaire à l'aboutissement d'un projet.

### D5.3 Postulat

L'objectif d'utiliser de manière passive l'énergie solaire dans le bâtiment ne peut être pris en considération par l'architecte que si cet objectif devient un réel paramètre de la projection architecturale; ce paramètre ainsi considéré aura certes une incidence dans l'expression du langage architectural. Encore faut-il pouvoir le maîtriser dans sa globalité.

Les normes et recommandations SIA doivent, pour rester crédibles, être une aide et un outil pour l'architecte lui permettant d'évaluer les flux énergétiques au travers de l'enveloppe qui entoure les espaces projetés.

Le but recherché reste néanmoins la création d'un cadre spatial pour la vie humaine.

### D5.4 Spécificité de certaines normes et recommandations SIA

Le *tableau N° 6* permet de comparer très brièvement le caractère propre de ces règles touchant les aspects thermiques dans le bâtiment.

### D5.5 Utilisation passive de l'énergie solaire

Le *tableau N° 7* permet de comparer ces règles sous l'aspect de l'utilisation passive de l'énergie solaire (avec articles de références).

Il faut constater que selon les paramètres définis, la recommandation SIA 380/1 tient le haut du panier, c'est-à-dire qu'elle est la seule à donner réponse à chacun des paramètres caractérisant l'utilisation passive de l'énergie solaire. Il faut néanmoins relever que l'effet de serre n'est pas pris en considération dans le cas des éléments spéciaux de captage d'énergie tels que vérandas, murs capteurs, double-peaux, etc.

## D5 Règles professionnelles Normes et recommandations SIA

(6)

| N°                        | Spécificités thermiques  | Quoi/valeur  |
|---------------------------|--|--|
| 180<br>(norme)            | Bonne vision de la qualité isolante d'un élément de construction (sol, mur, toit, etc.)<br>(traite aussi du confort et de la condensation)   | Déperditions (K)<br>$W/°K \cdot m^2$                   |
| 180/1<br>(recommandation) | Bonne vision de la qualité isolante de l'enveloppe d'une construction, comparée à la qualité isolante admissible d'un bâtiment théorique dans des conditions semblables.   | Déperditions moyennes (Kadm)(kmoy)<br>$W/°K \cdot m^2$ |
| 180/4<br>(recommandation) | Energie finale complète consommée annuellement rapportée au $m^2$ de surface brute des locaux chauffés (SRE).  | Consommation (E)<br>$MJ/m^2 \cdot an$                  |
| 380/1<br>(recommandation) | Bilan énergétique annuel indiquant la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer un immeuble durant 1 année rapportée au $m^2$ de surface brute des locaux chauffés. Cette valeur est comparée à une valeur limite d'un immeuble fictif dans des conditions semblables. | Besoins en énergie (Qch)<br>$MJ/m^2 \cdot an$          |
| 384/2<br>(recommandation) | Puissance thermique à installer, à savoir «grandeur» de la chaudière à installer selon conditions climatiques.   | Puissance (Q)<br>W                                     |

(7)

| Paramètres solaires passif | 180        | 180/1   | 380/1*      | 384/2         |
|----------------------------|------------|---------|-------------|---------------|
| Climat                     | 3 1/3 3/A1 | 2 32    | C 2 4 / D 4 | 2 2 + p.17-20 |
| Orientation                | -          | 3 4     | B 2 1       | -             |
| Forme (rap. env./vol.)     | -          | 2 31    | B 2 1       | (4/4 6)       |
| Rayonnement solaire        | -          | (3 4)   | B 2 1       | -             |
| Source de chaleur int.     | -          | -       | D 1 / D 2   | (6 1)         |
| Renouvellement d'air       | -          | -       | D 1 / D 2   | 5 1/5 7/5 8   |
| Isolation thermique        | 2 3/3 3    | 3 5/3 6 | B 2 1 / D 2 | 4             |
| Inertie thermique          | -          | -       | B 2 1       | 2 12          |
| Effet de serre             | -          | -       | B 2 1       | -             |
| Consommation               | -          | -       | A 4 / C 2   | -             |
| Exigences légales (1990)   |            |         |             |               |
| JU                         | (+)        | -       | -           | -             |
| BE                         | +          | +       | -           | +             |
| NE                         | +          | +       | -           | -             |
| VD                         | +          | +       | -           | (+)           |
| GE                         | +          | +       | (+)         | -             |
| VS                         | +          | +       | -           | -             |
| FR                         | +          | +       | -           | -             |

\* sera en vigueur légalement dans plusieurs cantons très prochainement

## D5.6 De l'utilisation de la recommandation 380/1 (annexe DX1)

Cette recommandation est très complète et donne une vision globale du bilan énergétique; par contre, il s'agit d'en respecter les limites d'application et notamment les «conditions normales d'utilisation». Cette précision est nécessaire car pour l'instant l'utilisation passive de l'énergie solaire n'est pas fréquente. Cette recommandation est aussi très complexe dans son utilisation. Il est difficile de suivre systématiquement les dédales de son application. Il faut constater que sous cette forme, cette norme est peu attractive et quasiment inutile dans la phase du projet.

## D5.7 Rôle de l'informatique (380/1)

Le principal handicap de cette recommandation disparaît avec l'informatique. Plusieurs logiciels appliquant la méthode de cette recommandation existent depuis quelques années déjà, les dernières versions étant bien performantes.\* Le principal avantage pour l'architecte réside dans le fait qu'il peut, dès l'avant-projet, intégrer le paramètre thermique dans la conception et ceci relativement facilement. Son projet est modélisé mathématiquement et il peut faire varier les paramètres qu'il désire. Il arrive ainsi à sentir son projet «thermiquement» en fonction des paramètres définis plus haut (tableau 7).

Ainsi donc, par le biais de l'informatique, la recommandation SIA 380/1 devient un réel outil à la disposition de l'architecte projeteur.

De plus, certains logiciels modélisent, par une approche simplifiée du problème, les éléments spéciaux de captage solaire.\*\* A l'intérieur de certaines limites, l'architecte peut ainsi optimiser par itération un projet, voire même décider avec le maître de l'ouvrage l'opportunité financière d'installer un dispositif solaire particulier.

Ces possibilités ouvrent ainsi d'autres horizons à l'architecte.

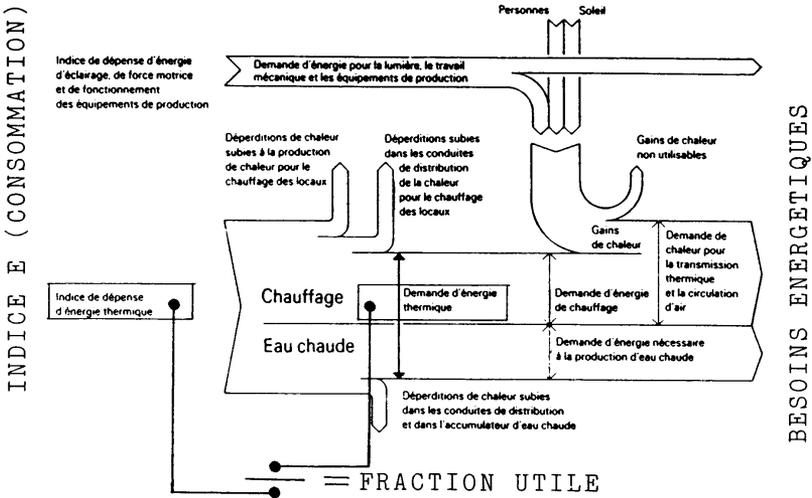
\* *Berechnungen gemäss SIA-Empfehlung 380/1, SCB43, Marcel Rieben AG, 3084 Bern-Wabern*

\*\**Par exemple "LESOSAI-X" LESO-EPFL  
«Rechenprogramm D 010» EMPA-KWh.*

---

ANNEXES

## DX1 Recommandation SIA N° 380/1 Energie dans le bâtiment

|   |   |
|---|---|
| But:  | «Conception de bâtiments écologiques et économiques du point de vue énergétique»  |
| Méthode:<br><br>D 1 Tab D 1-1<br>D 2 Tab D 2-2<br>D 4<br>Tab 4 A 4-2  | Etablir un bilan énergétique global annuel en MJ/m <sup>2</sup> an (SIA 180/4) en phase du projet déjà en tenant compte de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Déperditions thermiques par transmissions et renouvellement d'air</li> <li>- Déperditions thermiques par utilisation eau chaude sanitaire</li> <li>- Déperditions thermiques production de chaleur et distribution</li> <li>- Apports thermiques soleil, personnes, appareils électriques</li> <li>- Conditions normales d'utilisation</li> <li>- Valeurs de calculs (hypothèses)</li> <li>- Climat et ensoleillement du lieu</li> <li>- Catégorie d'ouvrage</li> </ul>  |
| Exigences:<br>3 9<br>Tab 4<br>Tab 5, 5a<br><br>2 1<br>2 1<br>2 2<br><br>3 10<br>Tab 6<br>Tab 7<br>Tab 8<br><br>2 1<br>2 2 | 1 Performances globales requises <ul style="list-style-type: none"> <li>- Demande énergie de chauffage, valeur limite/valeur cible</li> <li>- Fraction utile, valeur limite/valeur cible</li> </ul> Obligatoires pour nouveaux bâtiments avec SRE > 500 m <sup>2</sup><br>Possible d'y renoncer pour nouveaux bâtiments avec SRE < 500 m <sup>2</sup><br>Selon appréciation pour transformations  |
| Contrôles ultérieurs  | Comparer les résultats obtenus à l'utilisation avec ceux du projet, fortement conseillé.  |
| Bilan énergétique:<br>fig. 1  |  <p>Le diagramme illustre le bilan énergétique d'un bâtiment. À l'extérieur, les besoins énergétiques sont représentés par des flèches entrantes : la demande d'énergie pour la lumière, le travail mécanique et les équipements de production; les gains de chaleur non utilisables; et les gains de chaleur. À l'intérieur, les flux sont divisés en deux sections principales : Chauffage et Eau chaude. Les pertes (déperditions) sont indiquées à plusieurs points : dans les conduites de distribution de la chaleur pour le chauffage des locaux; lors de la production de chaleur pour le chauffage des locaux; et dans les conduites de distribution et dans l'accumulateur d'eau chaude. Les gains (gains de chaleur) sont indiqués pour la transmission thermique et la circulation d'air. À l'extérieur, les sources d'apport sont les personnes et le soleil. Le diagramme définit l'Indice de consommation (E) comme la somme des pertes et de la demande d'énergie thermique, et la Fraction utile comme la somme des gains de chaleur et de la demande d'énergie nécessaire à la production d'eau chaude.</p> |

## DX2 Le droit au soleil

Ordonnance sur les constructions (nov. 1970)

Canton de Berne, Art. 130, p. 53

Art. 130. <sup>1</sup> Les bâtiments élevés, les immeubles-tours et les constructions de formes spéciales ne doivent pas gêner exagérément par leur ombre portée les maisons d'habitation existantes ou qu'on pourrait construire en vertu des prescriptions en vigueur.

<sup>2</sup> La durée admissible de l'ombre portée comporte:

- a) lors de l'équinoxe (21 mars), 2 heures entre 7 h 30 et 17 h 30;
- b) pour un jour moyen d'hiver (8 février), 2 heures et demie entre 8 h 30 et 16 h 30.

<sup>3</sup> Si l'ensoleillement d'un fonds se trouve déjà sensiblement réduit du fait des conditions topographiques ou de constructions existantes, les tolérances de la durée admissible d'ombre portée devront être convenablement réduites.

<sup>4</sup> Ces règles s'appliquent également à l'ensoleillement à l'intérieur d'un grand ensemble.

# Fiches d'exemples

HABITATIONS CONTIGUES, WALD / ZH

Architecte: Beatrice & Peter Weber, 8638 Wald

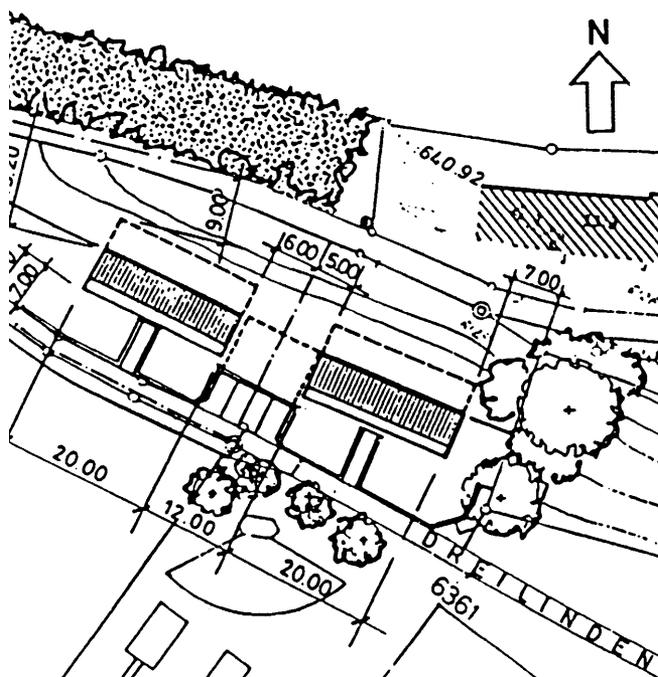
Zone climatique: 3  
Lieu: 8638 Wald

Date du projet: 1983  
Date de réalisation: 1986



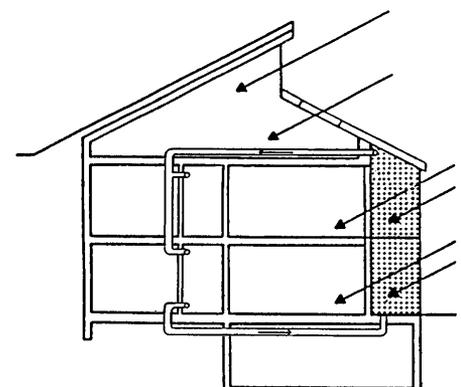
Vue sud

Situation 1:1000



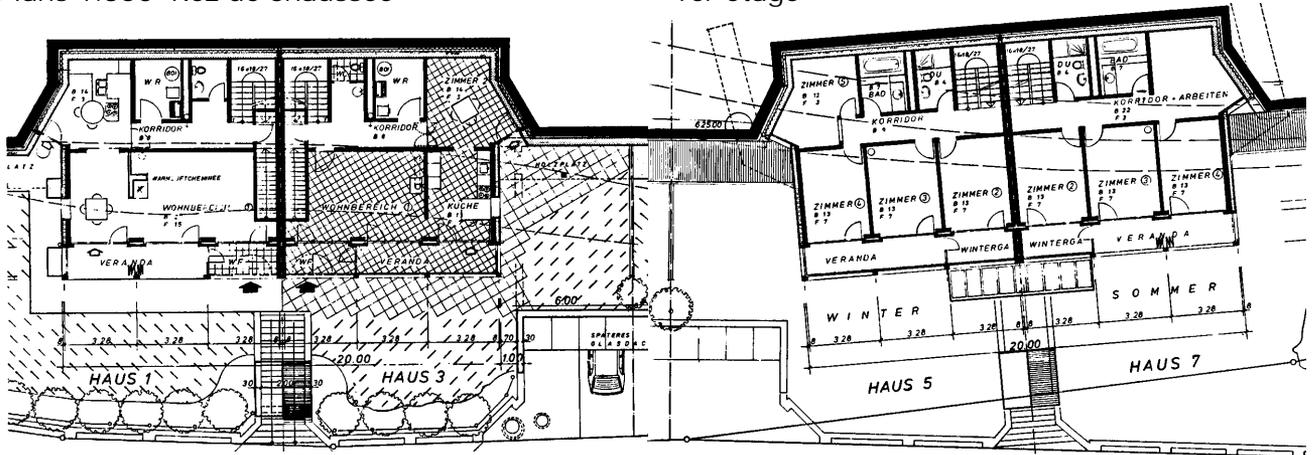
Concept

- En hiver, l'air chaud produit par les vérandas est aspiré (mécaniquement) sous la toiture et transporté vers les locaux situés dans le soubassement.
- En été, les vérandas peuvent s'ouvrir au moyen de grandes portes pliantes.
- Façade Nord enterrée.
- Ouvertures verticales Sud

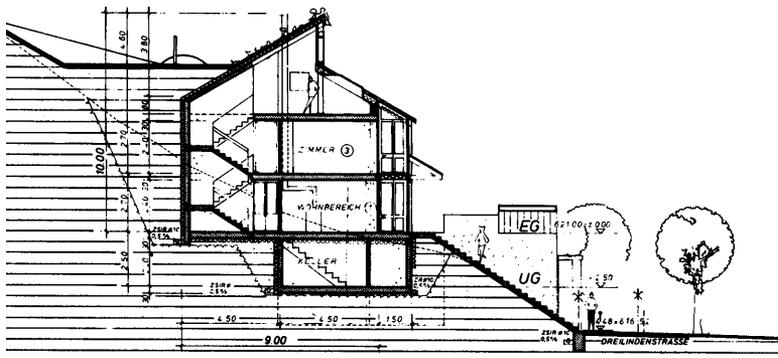


Plans 1:350 Rez-de-chaussée

1er étage



Coupe 1:350



Construction:

- Dalle en béton
- Murs en brique
- Vérandas verre et métal
- Revêtement de façade en bois

Chauffage

- Concept solaire passif
- Gains directs par les fenêtres et par les vérandas
- Fenêtres
- Vérandas
- Poêle à bois
- indice énergétique mesuré:  
chauffage (bois) = 110 MJ/m<sup>2</sup> an  
électricité, ECS = 33 MJ/m<sup>2</sup> an  
autre = 103 MJ/m<sup>2</sup> an



Vue latérale des vérandas

HABITAT ET COMMERCE, PLAINPALAIS / GE

Maitre de l'ouvrage: PPE, avenue Sainte-Clotilde 18  
 Architecte: Chantal Scaler EPFL/SIA, 1205 Genève  
 Collaborateurs: Fabio Fossati / Christian Kazian / Thierry Begat / François Carola

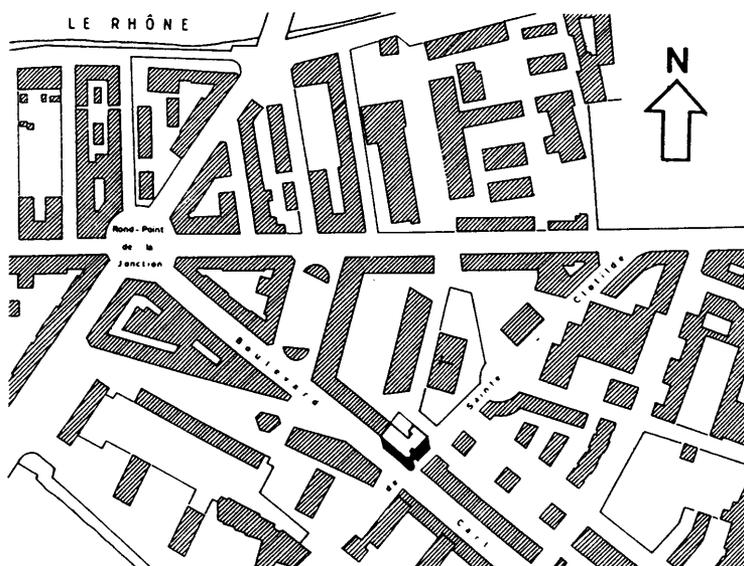
Zone climatique: 5  
 Lieu: Avenue Sainte-Clotilde 18, 1205 Genève

Date du projet: 1984  
 Date de réalisation: 1988



Vue façade sud

Situation



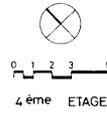
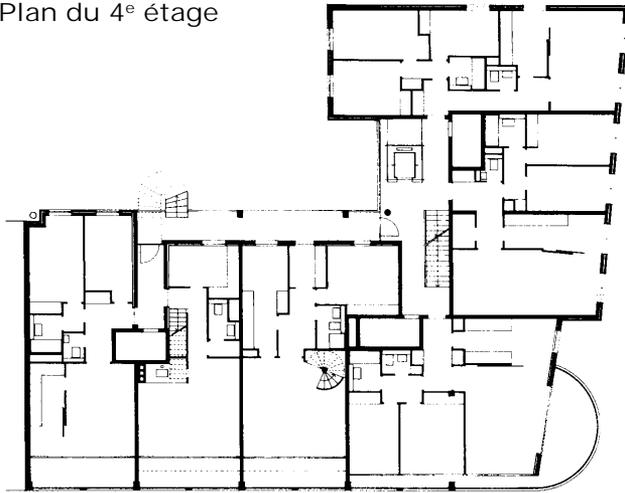
Concept

- Typologie d'appartements traversants
- Double façade à deux fonctions:
  - capter le soleil
  - isolation phonique
  - ouvertures maximales S-SO

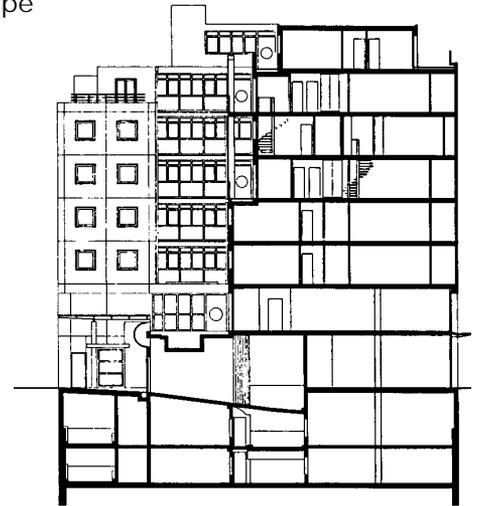
Programme

- 27 appartements
- 1 étage de bureaux
- Commerces au rez

Plan du 4<sup>e</sup> étage



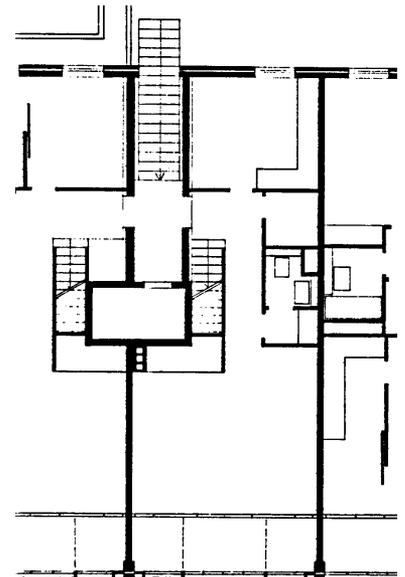
Coupe



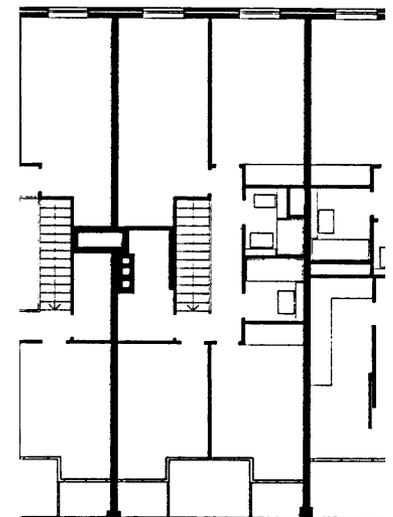
Vue intérieure de la véranda



Plan du duplex  
Premier étage



Deuxième étage



HABITATIONS CONTIGUES, «LOEH», MÜLLIGEN / AG

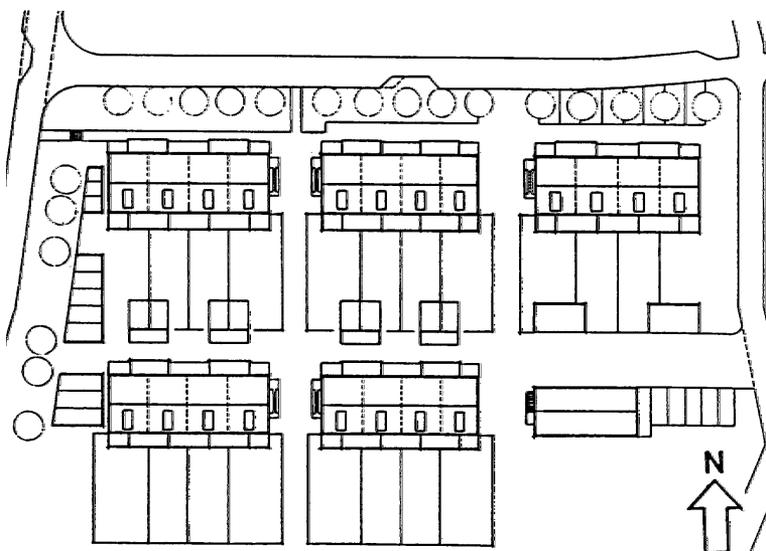
Maitre de l'ouvrage: Einfache Gesellschaft mit 20 Eigentümern  
 Architecte: Metron architekten AG, Steinackerstrasse 7, 5200 Windisch  
 U. Rüegg, F. Roth, G. DeMin  
 Zone climatique: 4  
 Lieu: 5243 Mülligen

Date du projet: 85/87  
 Date de réalisation: 87/88



Vue façade sud

Situation



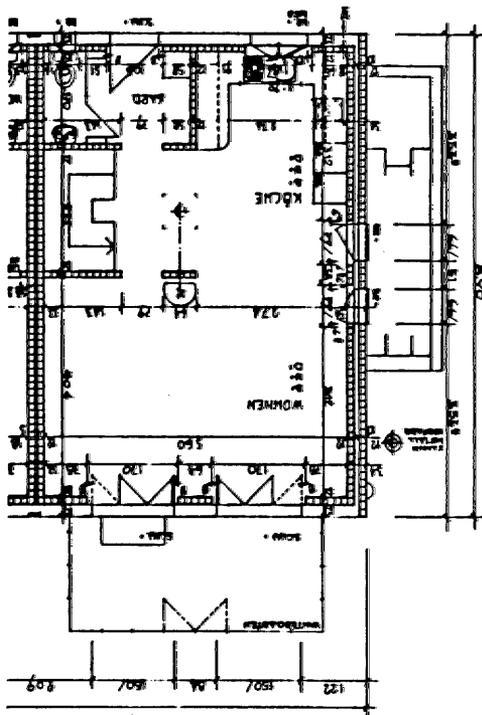
Concept

- Zone individuelle devant chaque unité, utilisable comme:
  - jardin d'hiver
  - véranda
  - espace extérieur
  - pergola

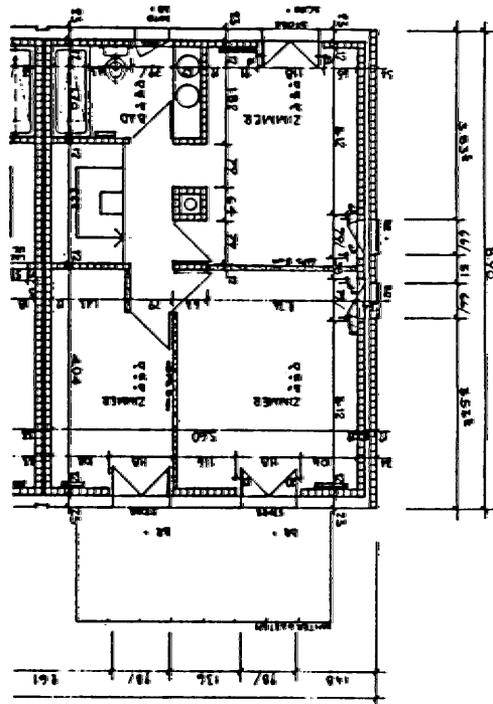
Construction

- dalles béton
- murs façade en briques Hürlimann; isolation 12 cm, revêtement en bois
- toiture en Eternit

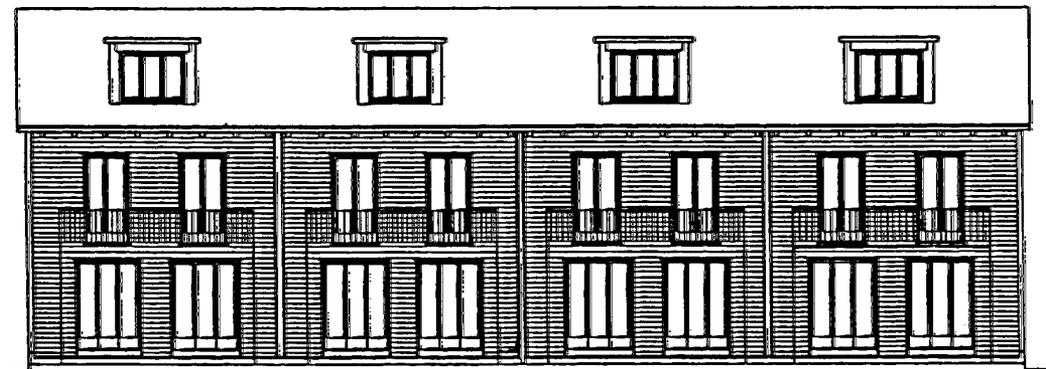
Plan du rez-de-chaussée



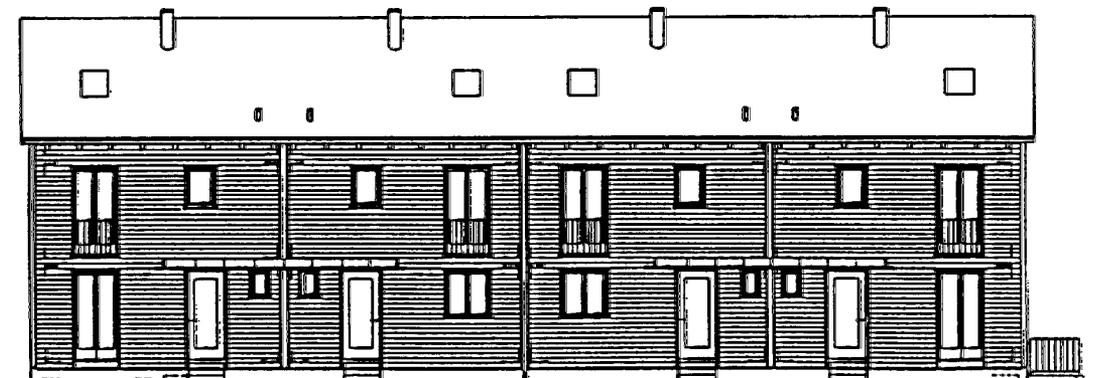
Plan de l'étage



Façade sud



Façade nord



Zone individuelle devant les maisons utilisable comme:

- balcon
- place extérieure couverte
- véranda
- jardin d'hiver
- pergola



Détail

Thermocirculation par une fenêtre dans le contre-cœur

HABITATION, VANDŒUVRES

Maître de l'ouvrage: M. et Mme Joho  
 Architecte: M.-J. Choisy, Presinge / GE

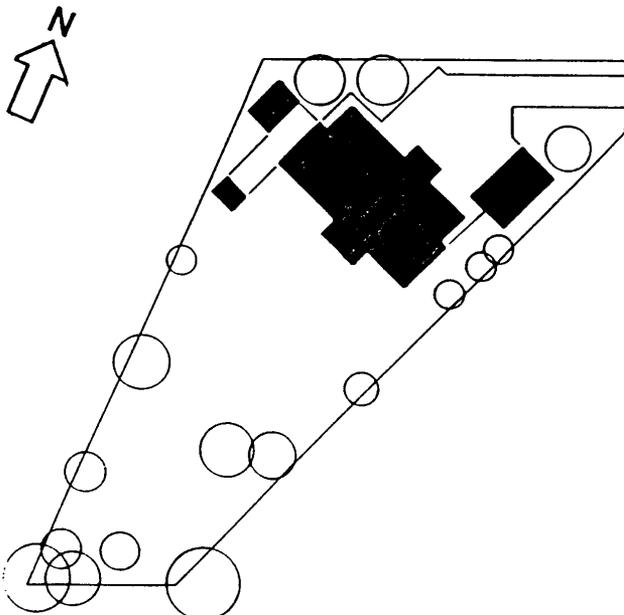
Zone climatique: 5  
 Lieu: 28, chemin Théodore-Bret, 1253 Vandœuvre

Date du projet: 1984  
 Date de réalisation: 1984



Vue façade sud

Situation



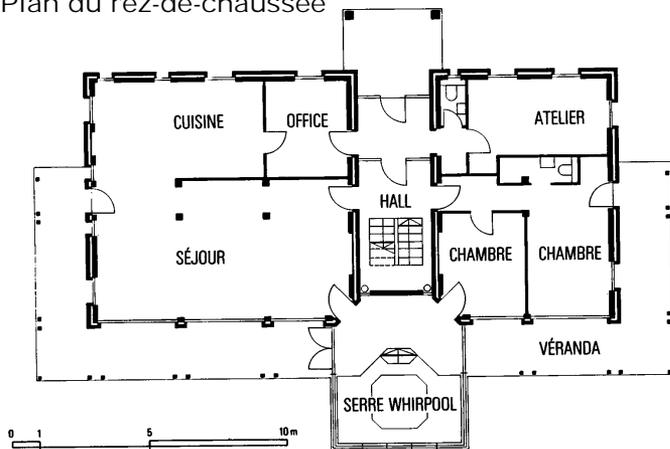
Concept

- deux zones d'habitations:
  - parents
  - enfants
- serre sur l'espace de circulation verticale
- concept solaire passif et actif
- ouvertures maximales au sud

Chauffage

- toiture capteur alimentant un stock d'énergie (serpentins enterrés)
- pompe à chaleur

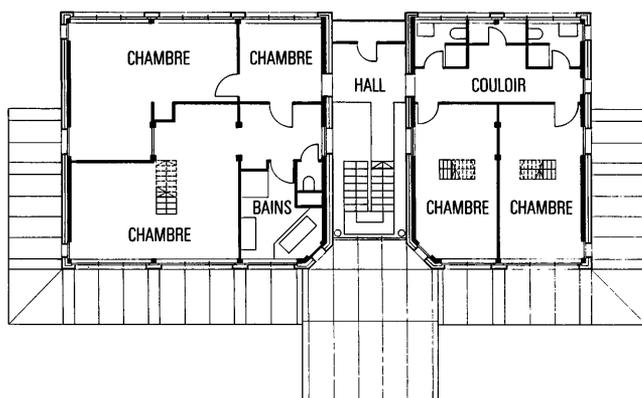
Plan du rez-de-chaussée



Caractéristiques thermiques

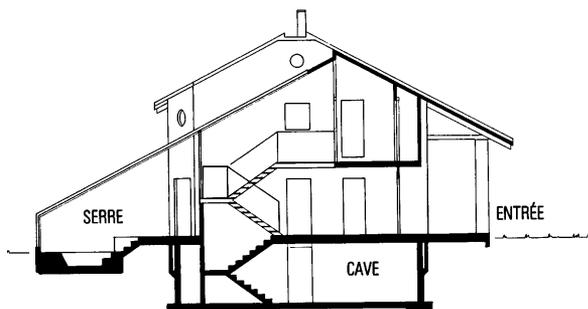
- surface chauffée 381 m<sup>2</sup>
- indice énergétique mesuré: chauffage (PAC électrique) 336 MJ/m<sup>2</sup> an
- rendement global 82%

Plan de l'étage



Détail de la véranda

Coupe transversale



HABITATION, PRÉVERENGES / VD

Maître de l'ouvrage: CIPEF (Coop. immob. du personel fédéral)  
 Architecte: MM. P. Chiché, D. Démétriadès, D. Papadaniél, Lausanne

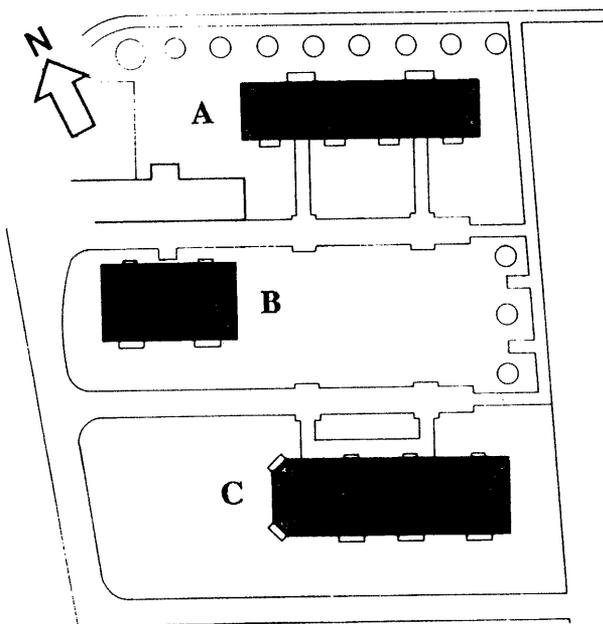
Zone climatique: 5  
 Lieu: Chemin-Neuf 1-9, 1028 Préverenges

Date du projet: 1982-86  
 Date de réalisation: 87-88



Façade sud du bâtiment A

Situation



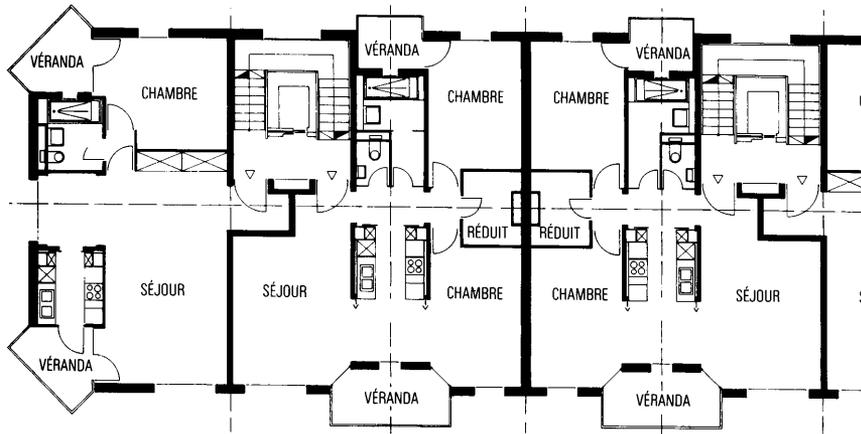
Concept

- bonne répartition des vitrages
- implantation des bâtiments en tenant compte des ombres
- Vérandas au sud
- capteurs solaires (eau chaude)

Construction

- façades en éléments sandwichs préfabriqués béton 12 cm / isolation 10 cm / béton ext. 8 cm.

Plan bâtiment C, étage type



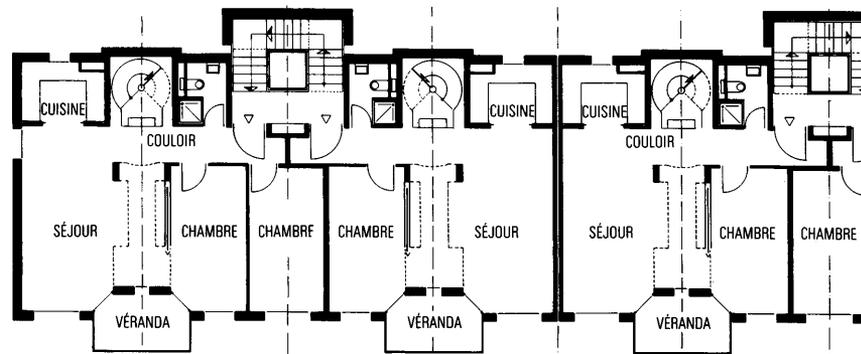
Caractéristiques thermiques

- surface chauffée 1238 m<sup>2</sup>
- indice énergétique mesuré: chauffage (gaz): 212 MJ/m<sup>2</sup> an
- rendement global 82%

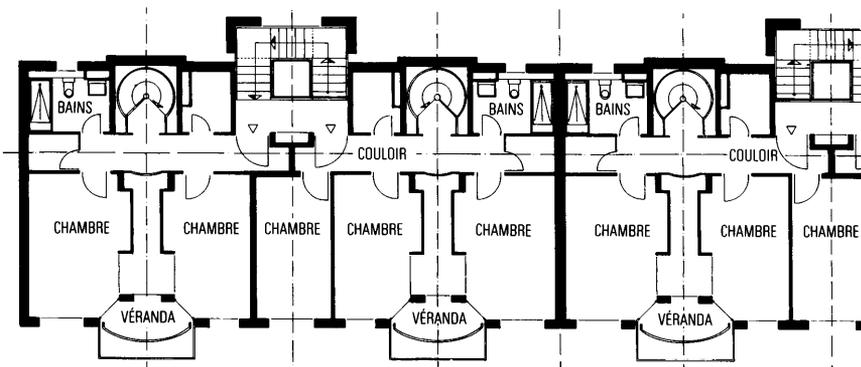
Programme

- 3 bâtiments
- 32 appartements de 2 à 5 pièces

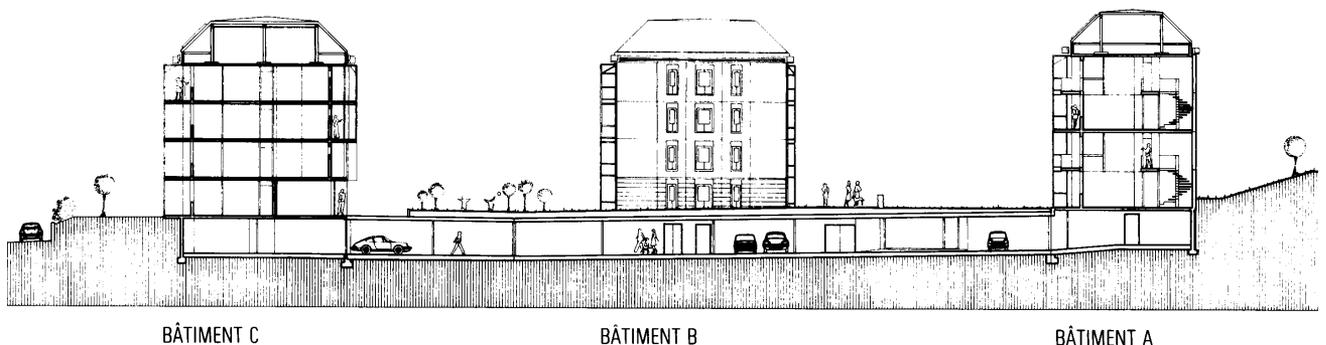
Plan duplex du bâtiment A, niveau inférieur, 3<sup>e</sup>



Plan duplex du bâtiment A, niveau supérieur, 2<sup>e</sup>



Coupe



HABITATION, RUE DU MIDI, GENÈVE

Maître de l'ouvrage: Ville de Genève  
 Architecte: J. Choisy & M. Riva, architectes

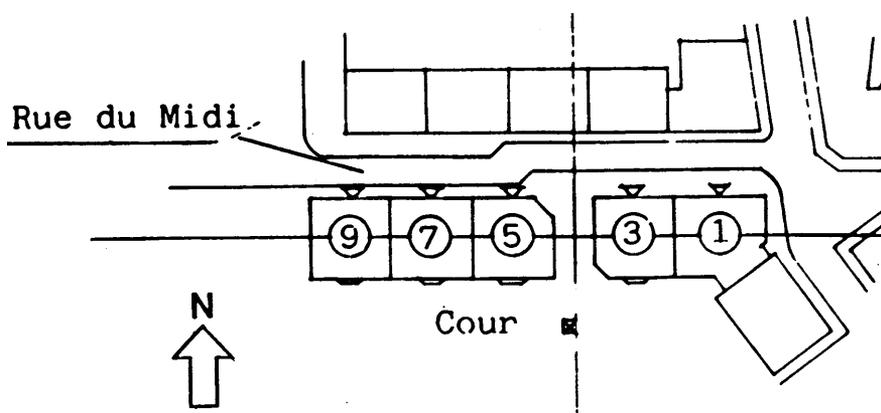
Zone climatique: 5  
 Lieu: 1-9, rue du Midi, 1201 Genève

Date du projet: 1981-85  
 Date de réalisation: 1985



Vue façade sud

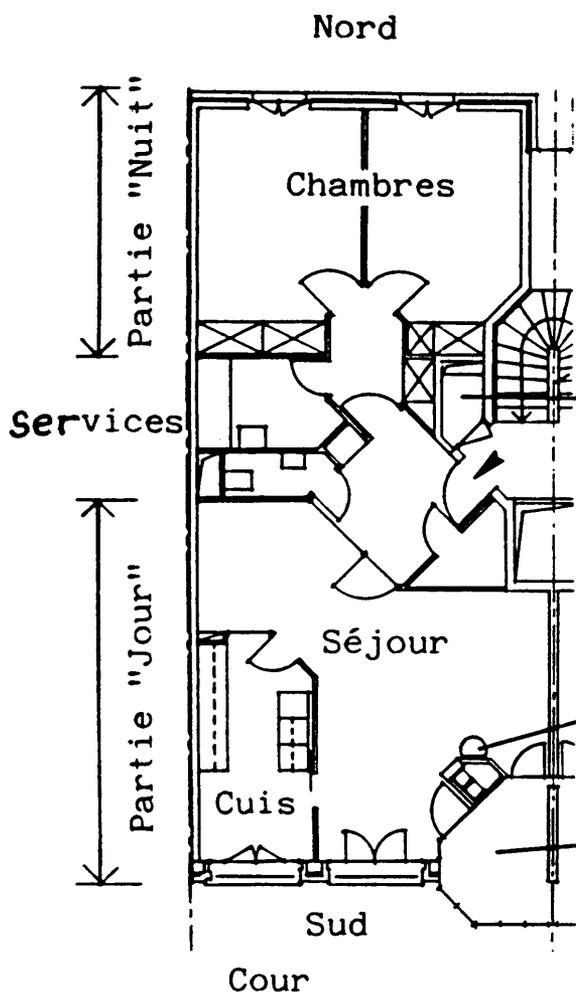
Situation



Concept

- gains solaires directs
- véranda
- gestion de chauffage individuelle
- chauffage à gaz
- chauffage d'appoint à combustibles solides (bois, briquettes)
- fermé vers le nord
- indice énergétique mesuré: chauffage (gaz): 209 MJ/m<sup>2</sup> an

Plan type d'un appartement



Vue des vérandas

Détail de toiture



*Protections solaires des parties vitrées de la toiture.*

HABITATION «STALLENMATT», OBERWIL

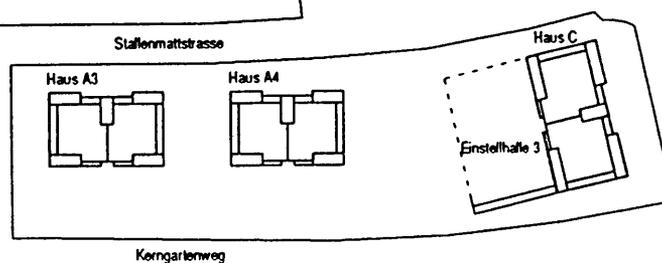
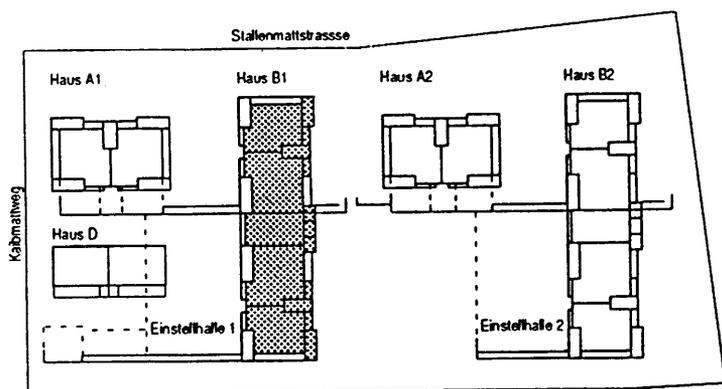
Maitre de l'ouvrage: Pensionskasse Ciba-Geigy, Basel  
 Architecte: Prof. Peter Steiger, Zurich

Zone climatique: 1  
 Lieu: Stallenmattstrasse, 4104 Oberwil / BL

Date du projet: 1988-90  
 Date de réalisation: 90-91



Situation



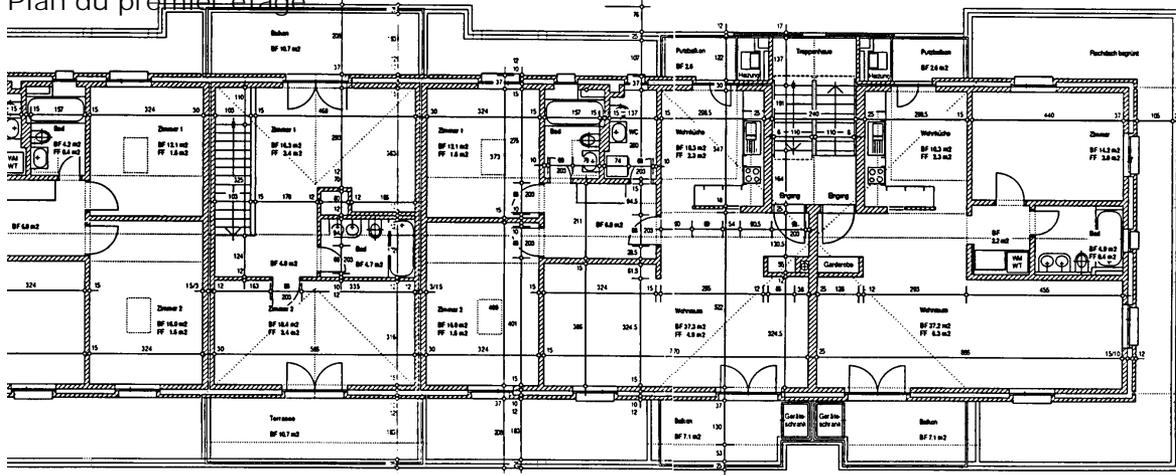
Concept

- orientation des bâtiments
- zones thermiques

Installations techniques

- chauffage individuel ou par étage / gaz

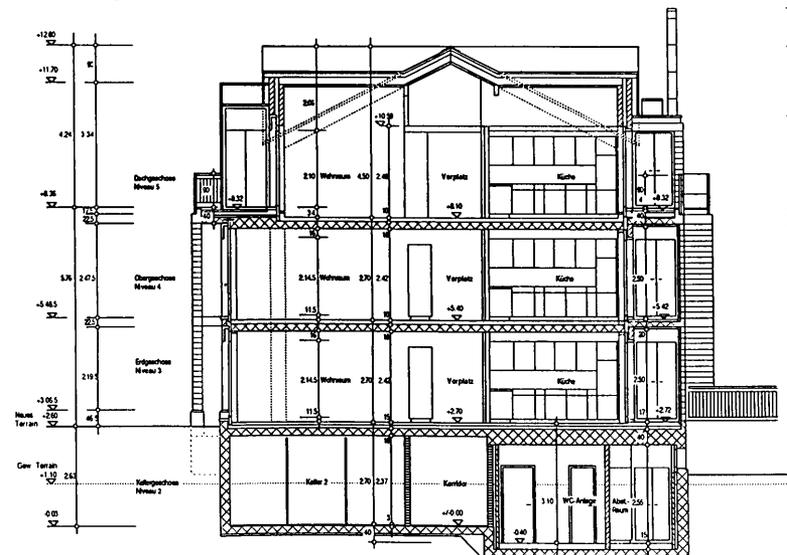
Plan du premier étage



Façade sud



Coupe type



---

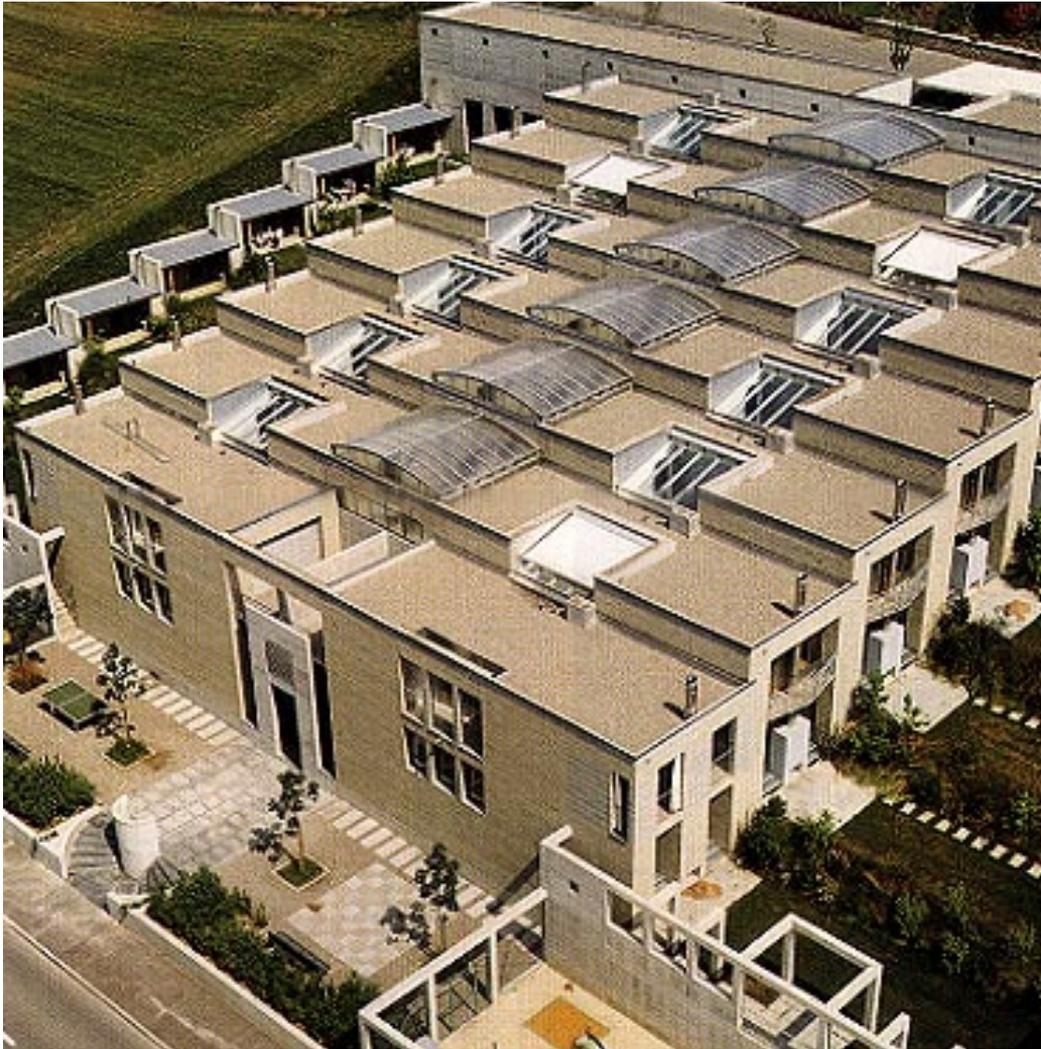
HABITATIONS, 14 VILLAS CONTIGUES, SCHMITTEN / FR

---

Architecte: Martin Wagner, 6014 Carona / TI  
Collaborateurs: D. und S. Spycher, 3185 Schmitten

Zone climatique: 4/5  
Lieu: Pergolastrasse 24-26, 3185 Schmitten / FR

Date du projet:  
Date de réalisation: 88-90



Vue de l'ensemble

Programme

- 14 villas contiguës accessibles par un atrium

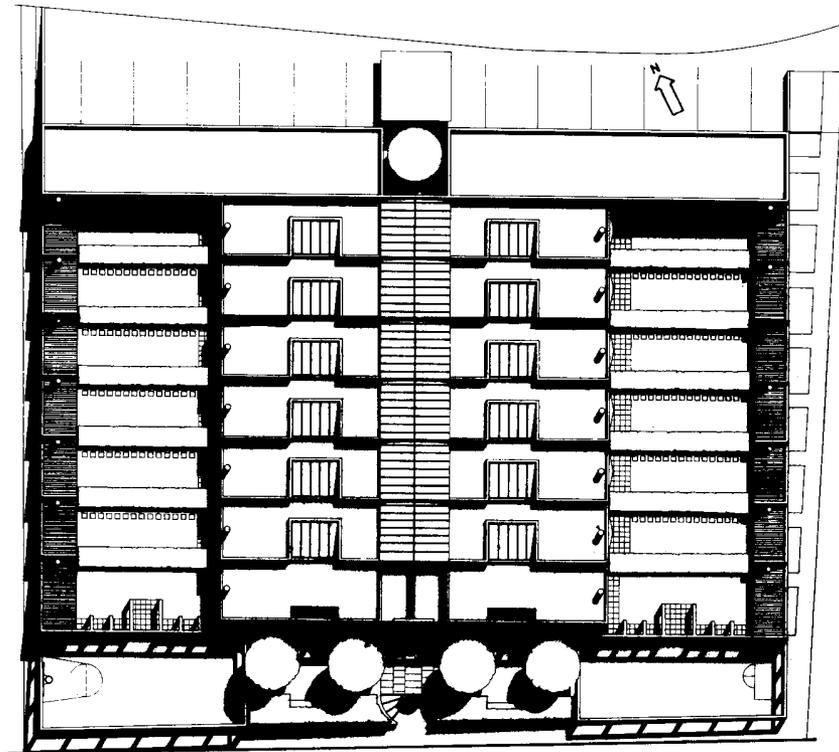


Accès

Vue intérieure de l'atrium



## Situation



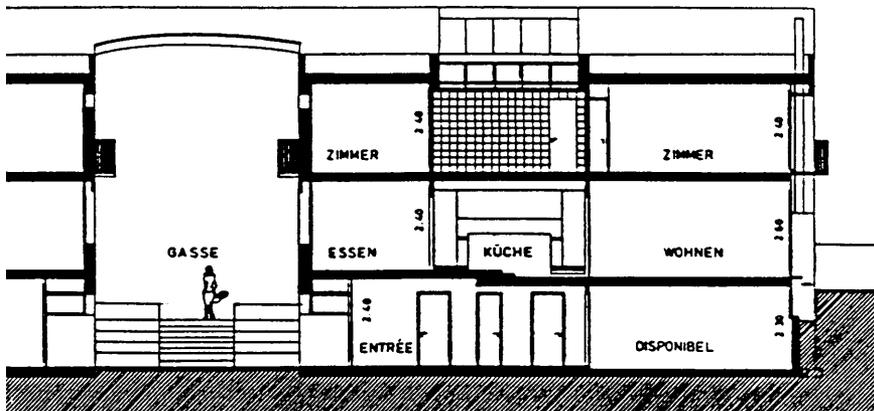
## Concept

- orientation des unités ouest et est
  - gains directs
- accès aux unités par un atrium central
  - lumière naturelle
  - espace tampon
- toiture partiellement vitrée à l'intérieur de chaque appartement
- bon coefficient de forme
- gestion énergétique individuelle pour chaque villa

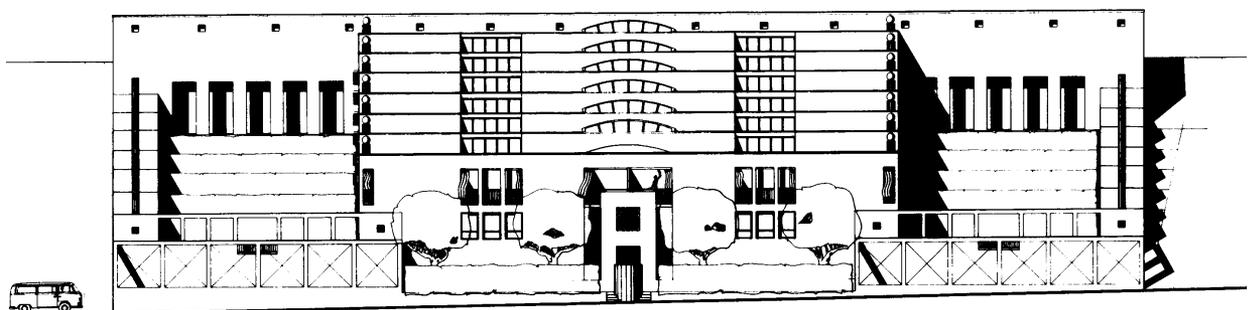
## Construction

- façade en plots de ciment à l'extérieur et en brique terre-cuite crépie à l'intérieur
- toiture avec isolation de 120 mm
- menuiseries métalliques avec triple vitrage isolant.

## Coupe d'une unité



## Coupe de l'ensemble



HABITATION «SOLAR TRAP»

Architecte: Groupe de travail «Solar Trap»  
Th. V. Kurer, architecte EPF/SIA  
C. Fillieux/R. Lang Basler & Hofmann SA / ZH

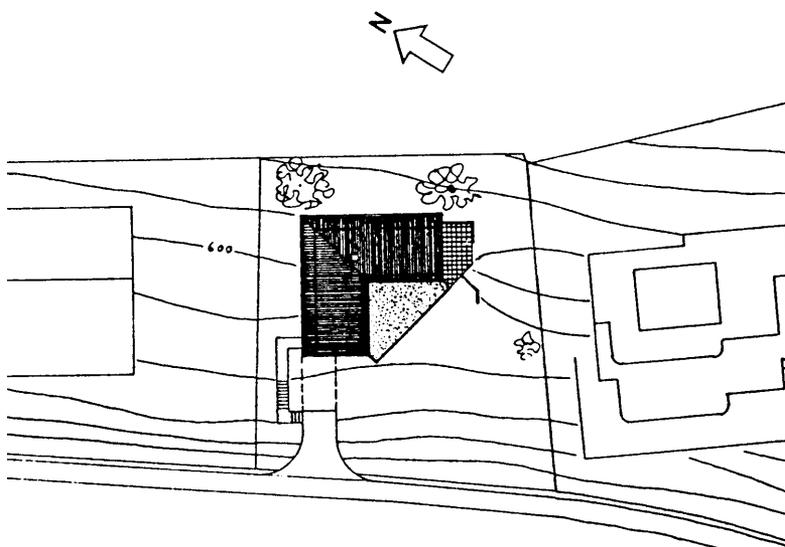
Zone climatique: 4  
Lieu: 8967 Widen

Date du projet: 1981  
Date de réalisation: 81-82



Vue façade sud

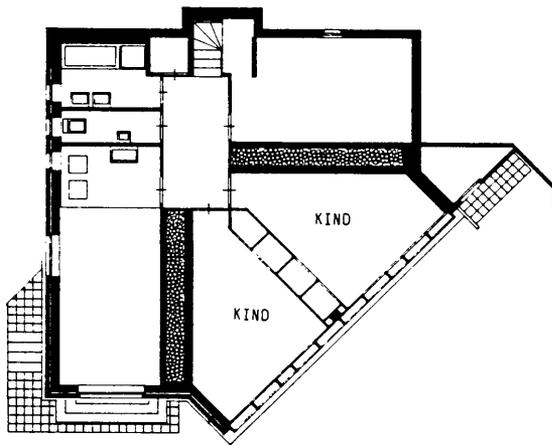
Situation



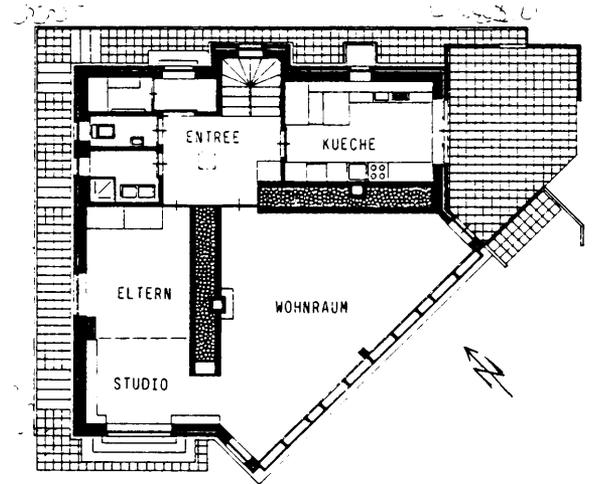
Concept

- fenêtre capteur
- stockage à galets
- développement maximum de façade sud
- chauffage d'appoint à bois

Plan du rez-de-chaussée



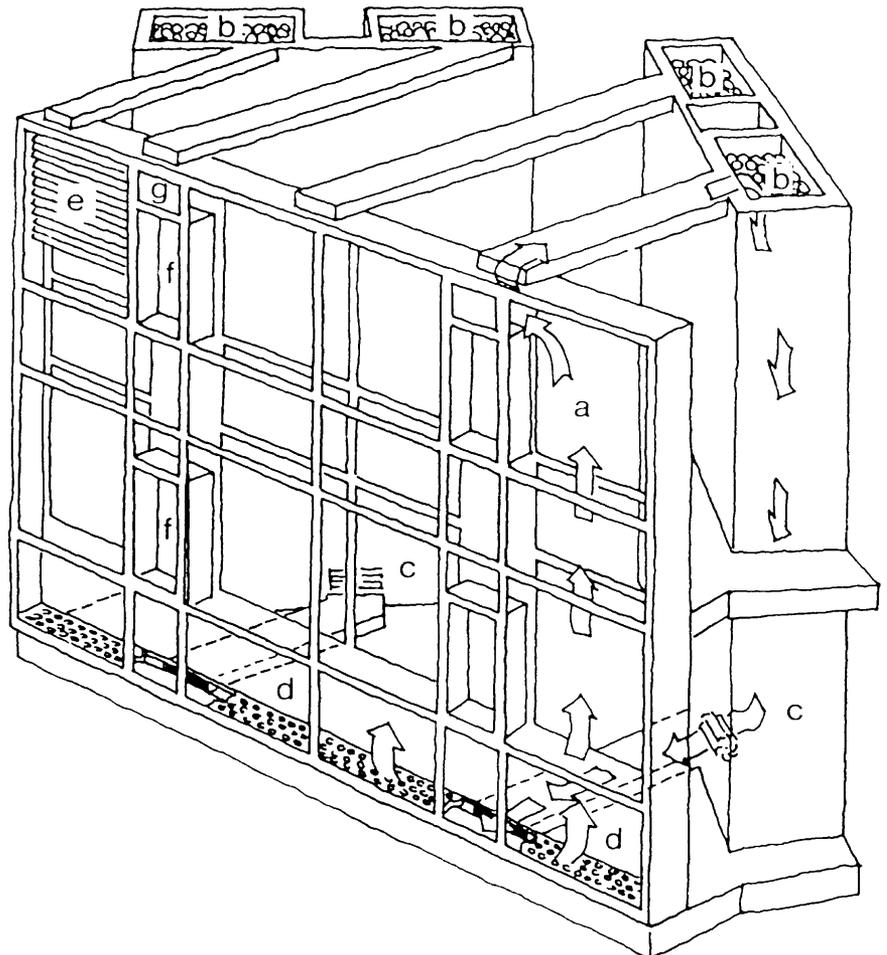
Plan de l'étage



Détail capteur-fenêtre

schéma de captage de l'énergie solaire

- a captage direct
- b stockage à galets
- c ventilateur
- d prise d'air
- e store-capteur
- f fenêtre extérieure
- g évacuation d'air chaud



## HABITATION, AUSSERBERG / VS

Maître de l'ouvrage: M. et Mme Meichtry  
 Architecte: Heidi & Peter Wenger Arch. BSA/SIA, 3900 Brig

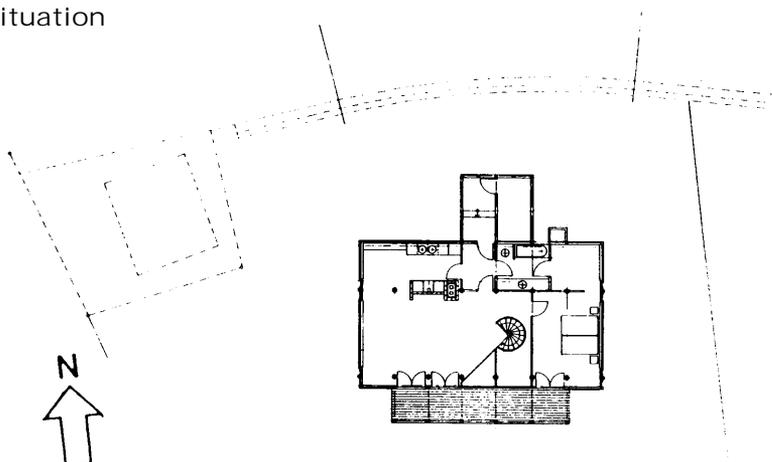
Zone climatique: 10  
 Lieu: 3938 Ausserberg

Date du projet: 1983  
 Date de réalisation: 83-84



Vue façade sud

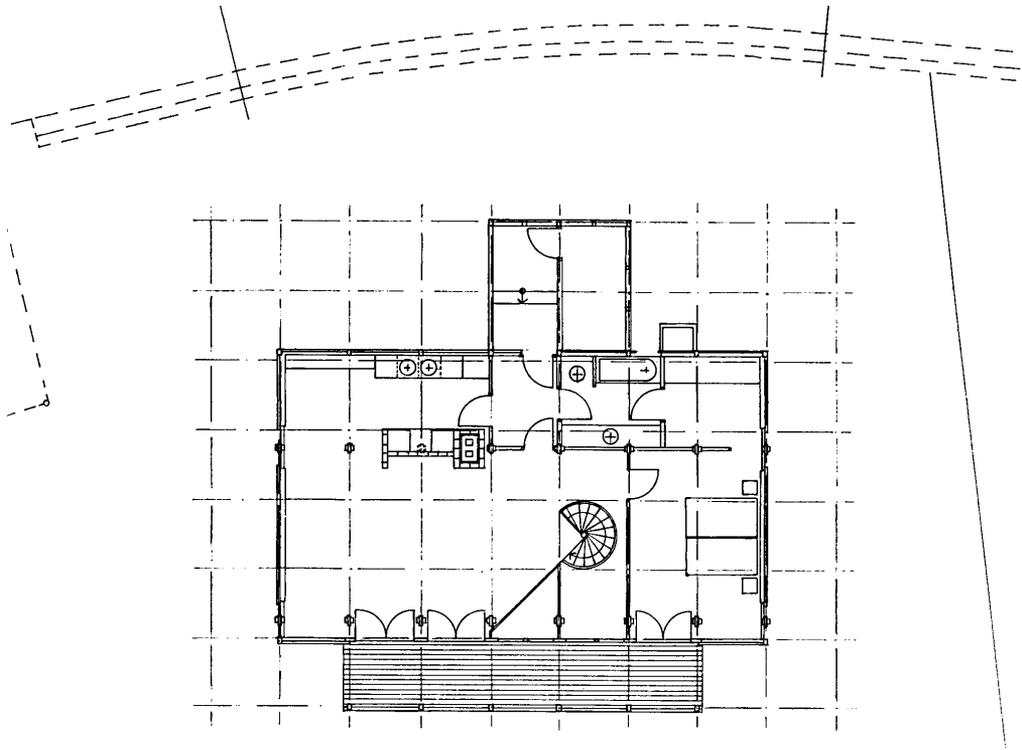
### Situation



### Concept

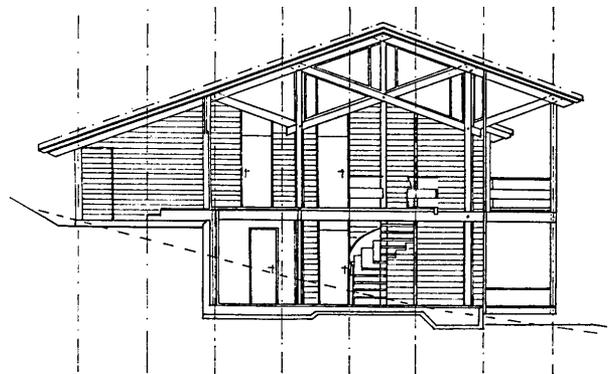
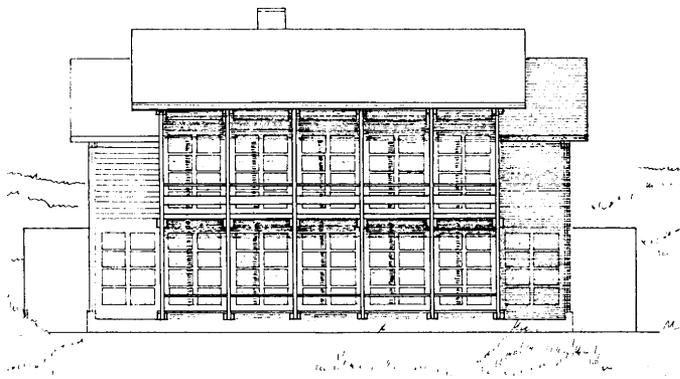
- locaux bien chauffés au sud  
 – salon  
 – chambres
- locaux de service au nord
- ouvertures maximales au sud

## Plan du rez-de-chaussée



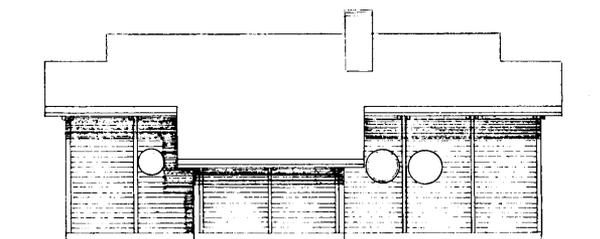
Façade sud

Coupe



Façade nord

Construction



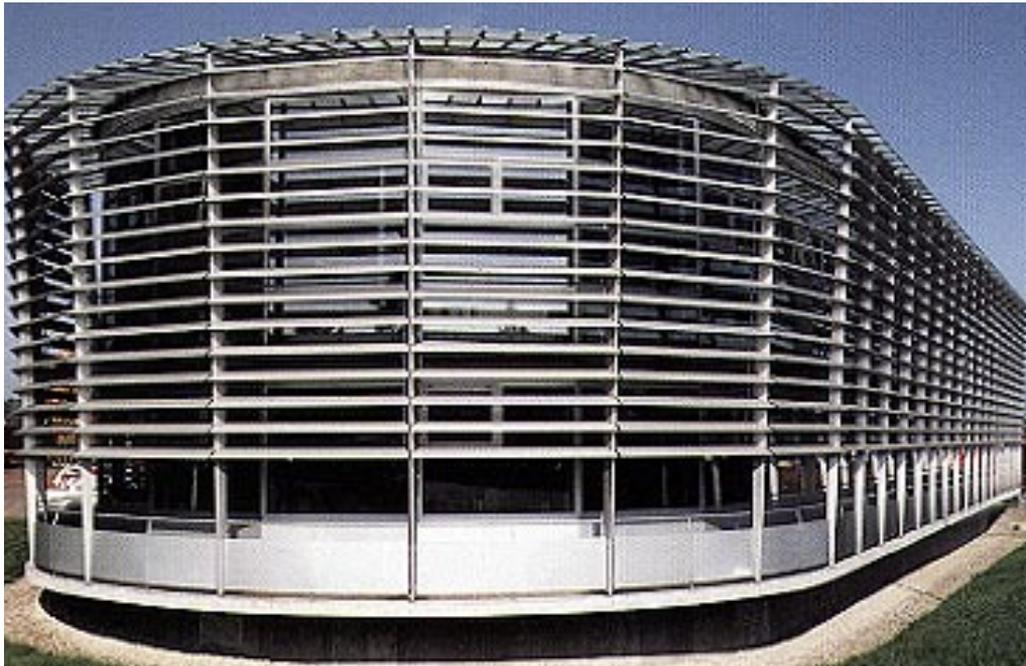
- structure et revêtements en bois

## ADMINISTRATION, BUCHBINDEREI BURKHARDT

Maître de l'ouvrage: Buchbinderei Burckhardt AG  
 Architecte: Theo Hotz, architecte BSA / SIA  
 Collaborateurs: A. Fickert / P. Kaufmann / M. Schaeffle

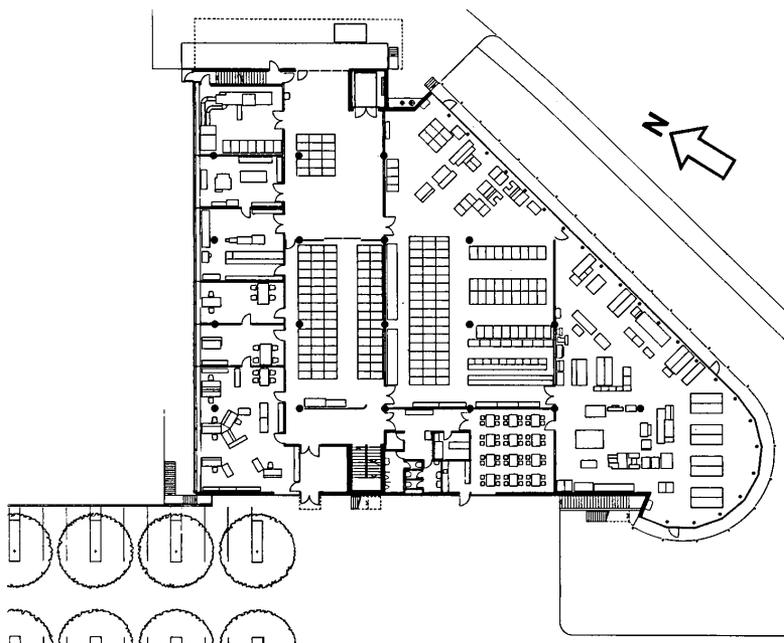
Zone climatique: 3  
 Lieu: Isenrietstrasse 21, 8617 Moenchaltdorf

Date du projet: 1983-85  
 Date de réalisation: 1985



Vue façade sud

### Situation



### Concept

- façades principales orientées sud et est
- réglage de la lumière naturelle par des lamelles mobiles
- éclairage naturel par des bandeaux et des coupoles vitrées dans la toiture

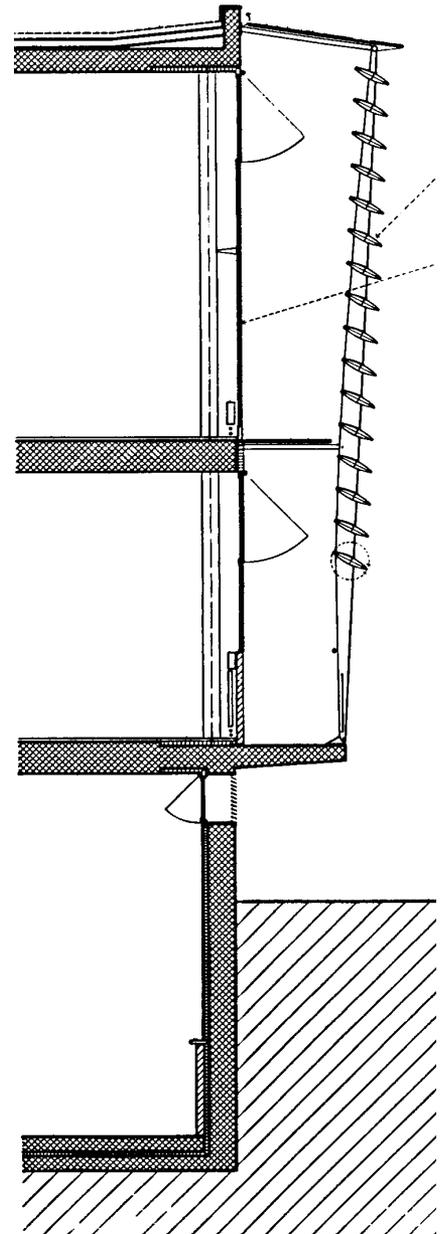
### Construction

- sous-sol en béton
- 2 murs de façades en béton apparent
- piliers en béton
- façade métallique formant une coursive pour les sorties de secours et pour le nettoyage de la façade
- protection solaire sous forme de lamelles métalliques extérieures mobiles

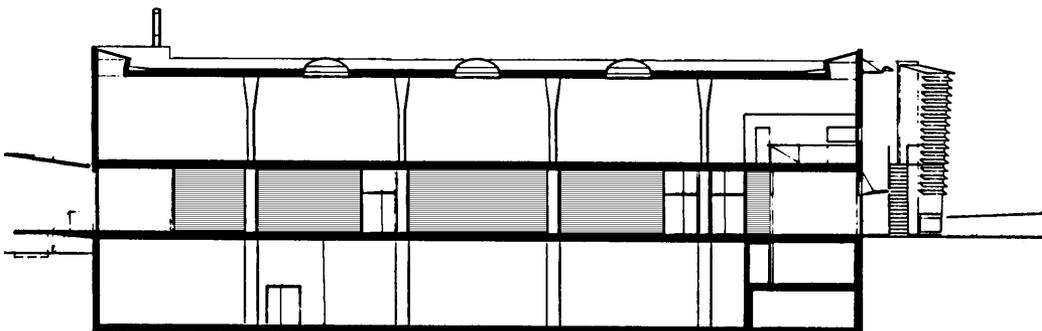


Vue intérieure de la coursive

Coupe



Coupe du bâtiment

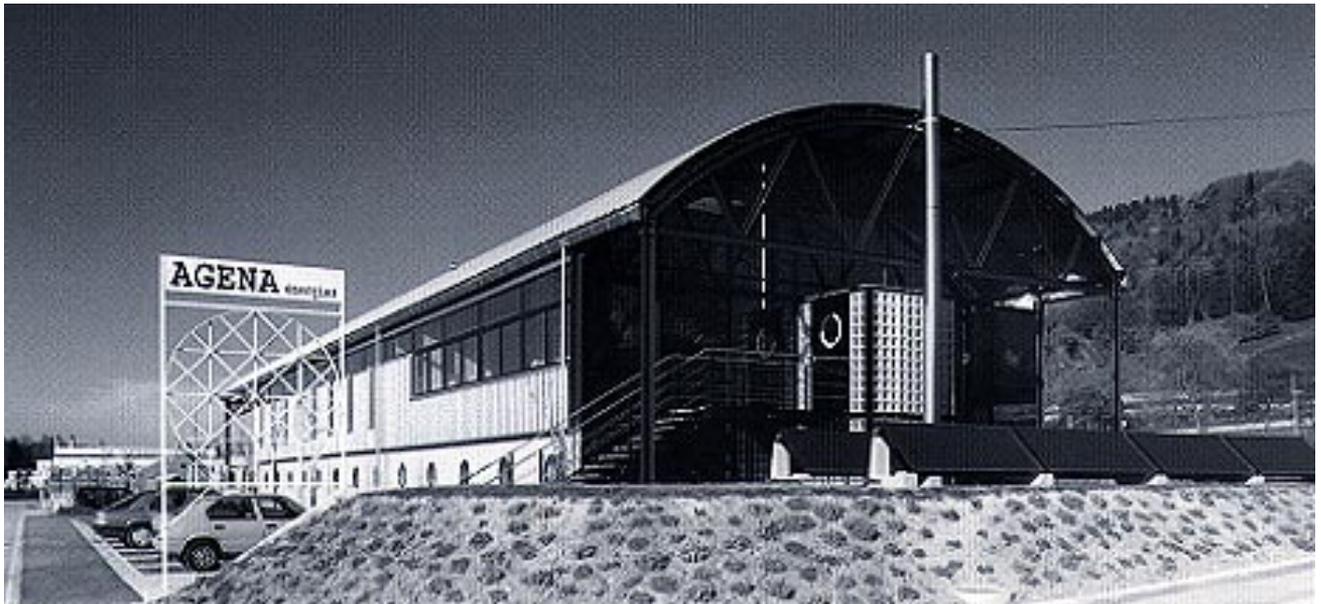


## ADMINISTRATION / INDUSTRIE, AGENA

Maître de l'ouvrage: AGENA SA Energies, Moudon  
 Architectes: J.-M. Boillat, Courtedoux  
 M.-Cl. Maillat, Mézières

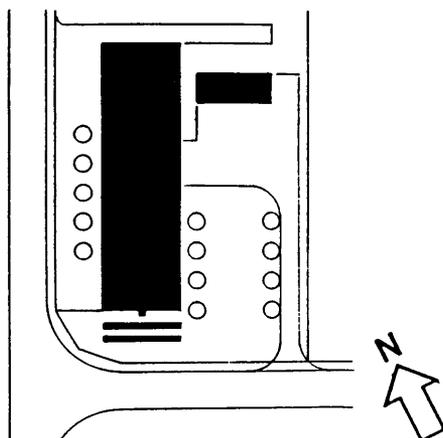
Zone climatique: 5  
 Lieu: Le Grand-Pré, 1510 Moudon

Date du projet: 1988  
 Date de réalisation: 1989



Vue sud-ouest

### Situation



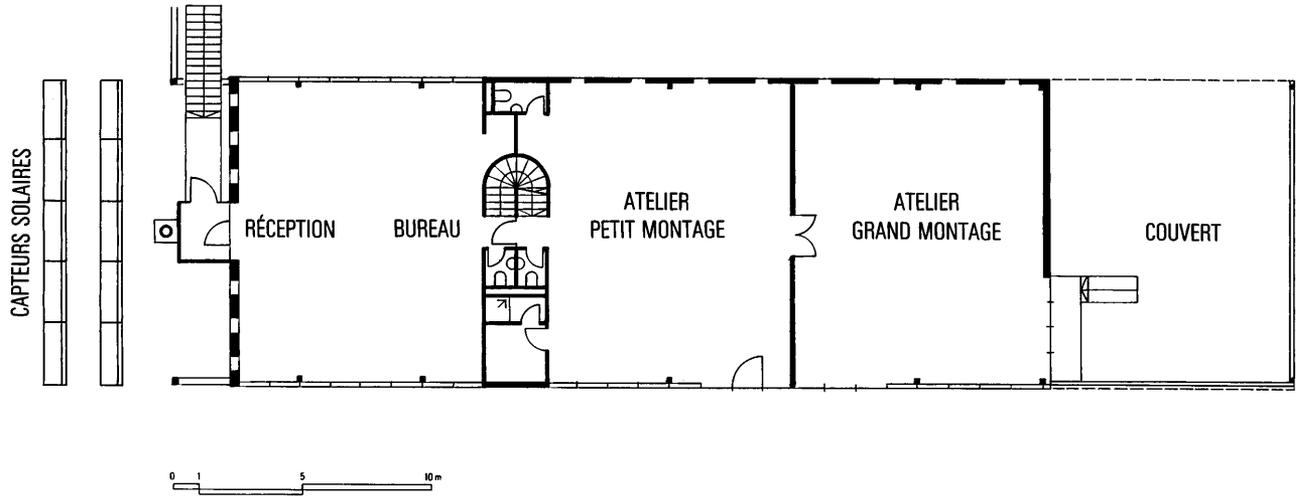
### Concept

- conception des espaces de travail selon leur fonctionnement et leurs besoins dégressifs en chauffage
  - bureaux
  - ateliers
  - montage
  - stockage
- capteurs solaires devant le bâtiment

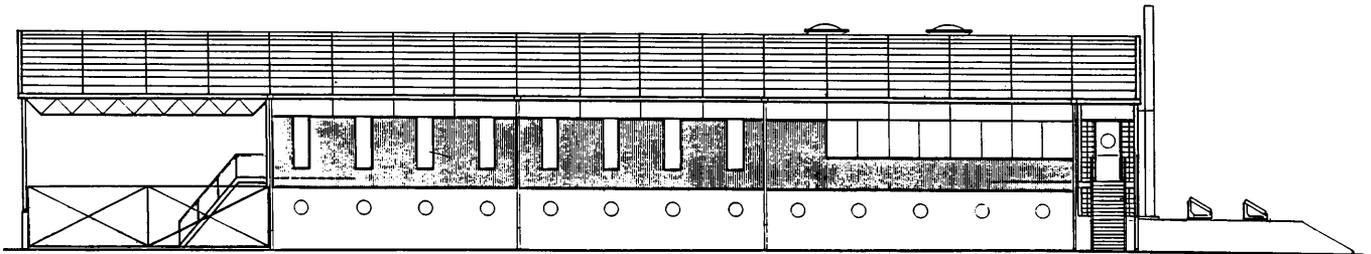
### Caractéristiques thermiques

- surface habitable 616 m<sup>2</sup>
- énergie de chauffage 231 MJ/m<sup>2</sup> an

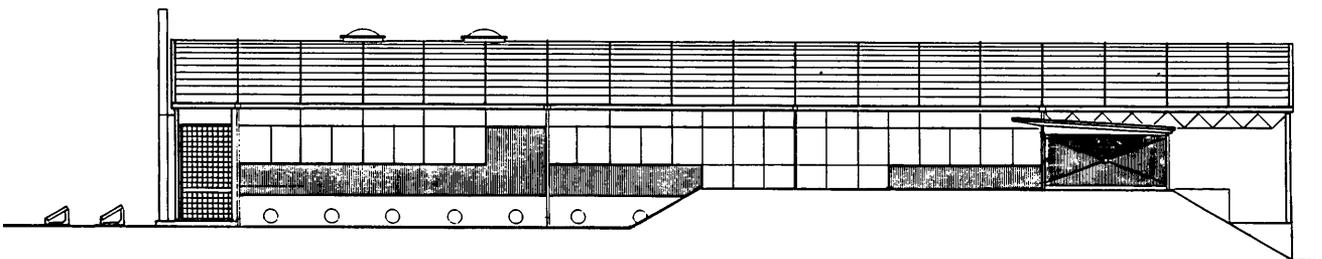
Plan



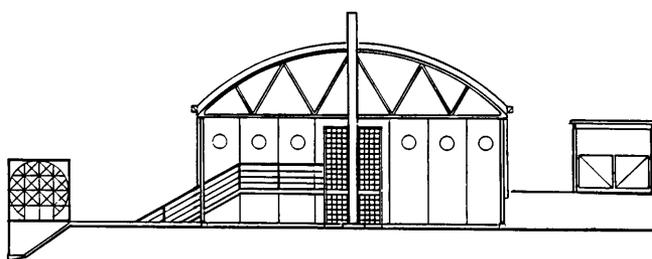
Façade ouest



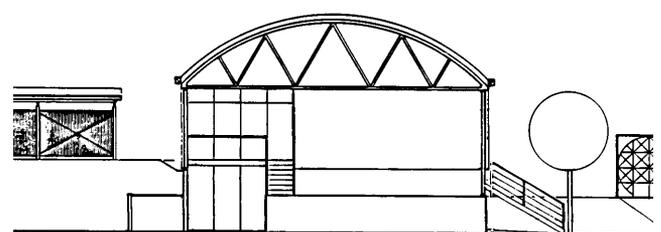
Façade est



Façade sud



Façade nord



## ADMINISTRATION, HEWLETT-PACKARD

Maître de l'ouvrage: Hewlett-Packard  
 Architecte: J.-J. Oberson, architecte FAS, Genève

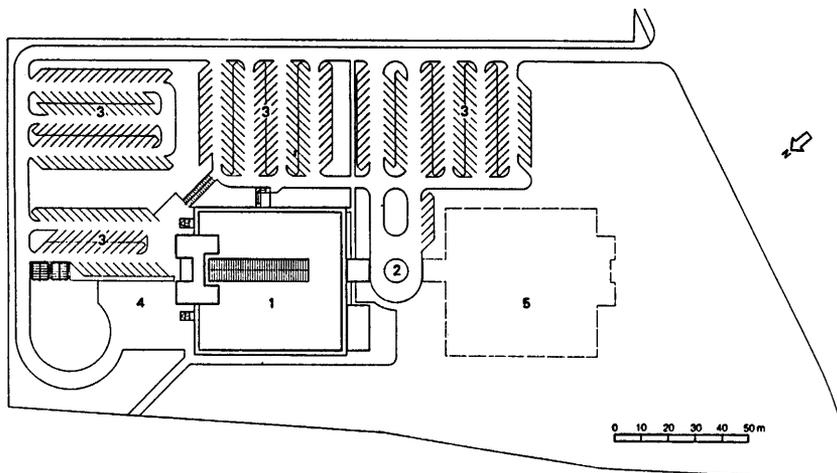
Zone climatique: 5  
 Lieu: Route du Nant-d'Avril 150, 1217 Meyrin

Date du projet: 1979  
 Date de réalisation: 1982



Vue

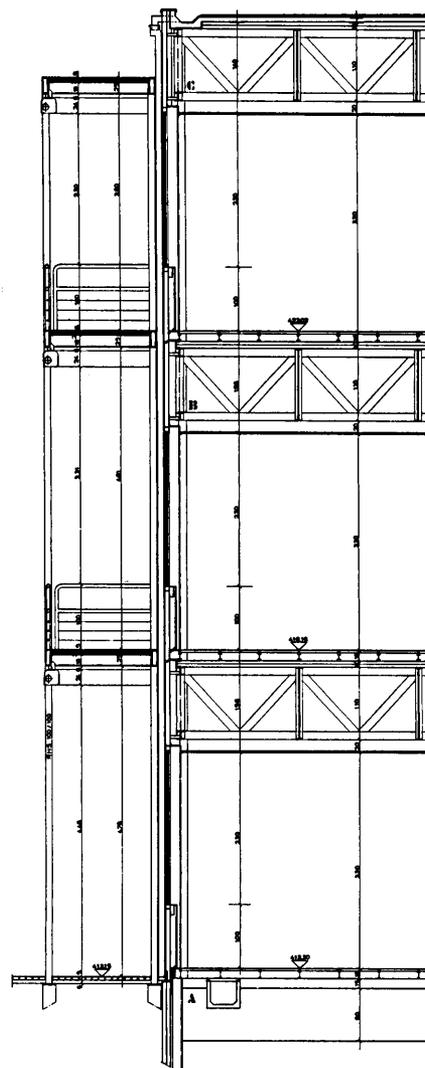
### Situation



### Concept

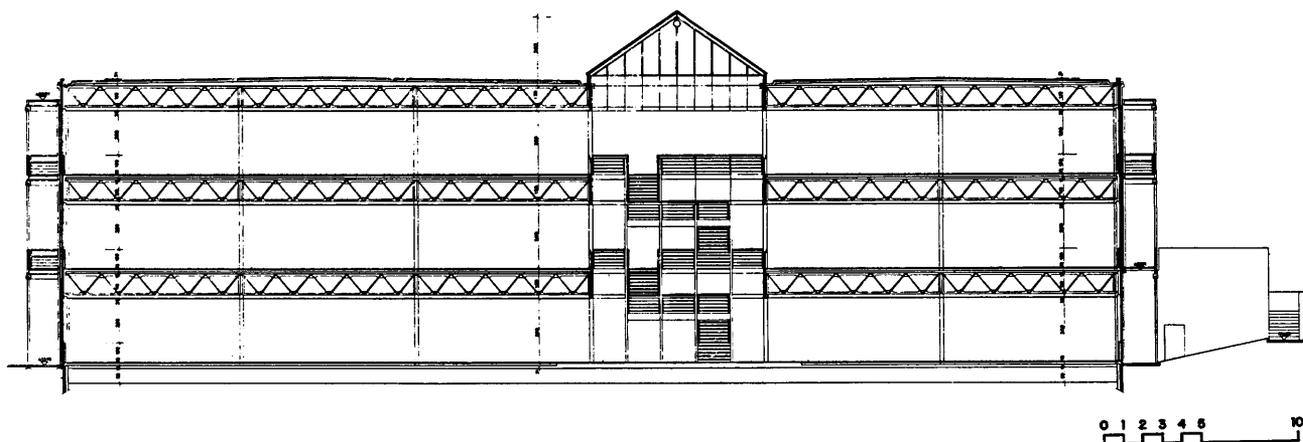
- atrium central
- système de protection solaire extérieur
- récupération de la chaleur dans système de ventilation
- pompe à chaleur

## Détail coursives



Vue intérieure de l'atrium

Coupe



## ADMINISTRATION / GARAGES / DÉPÔTS

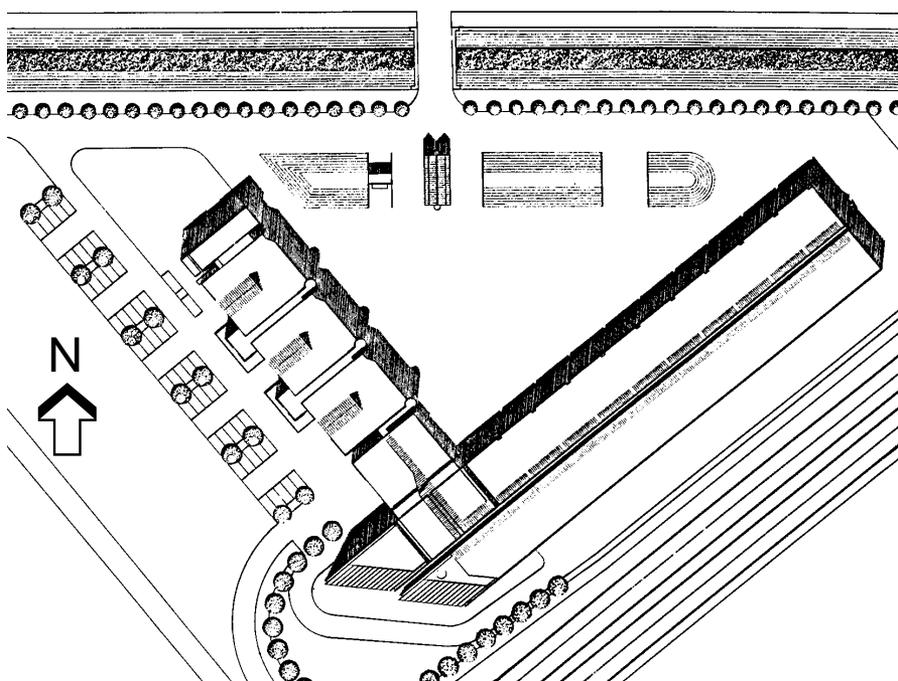
Maître de l'ouvrage: Centre d'entretien de l'autoroute RN9  
 Architecte: J. Chabbey, M. Viollat, A. Delaloy, 1920 Martigny

Zone climatique: 10  
 Lieu: Centre d'Entretien de l'autoroute l'Indivis, 1906 Charrat  
 Date du projet: 1981  
 Date de réalisation: 1983



Vue

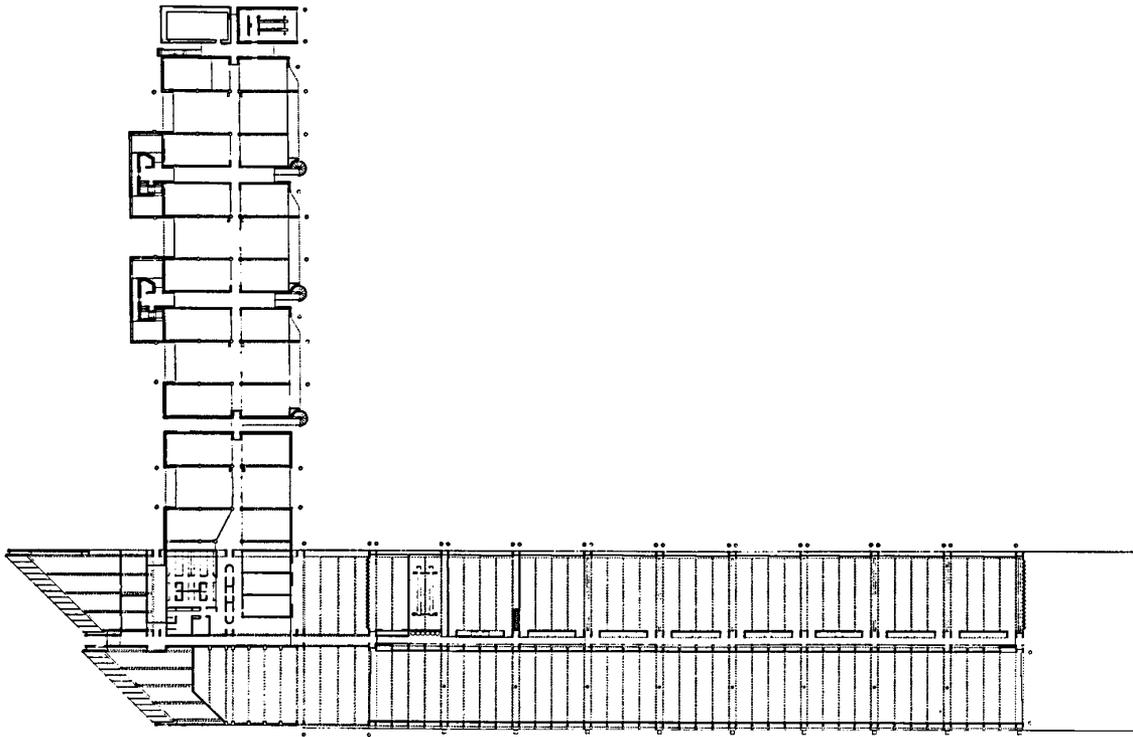
### Situation



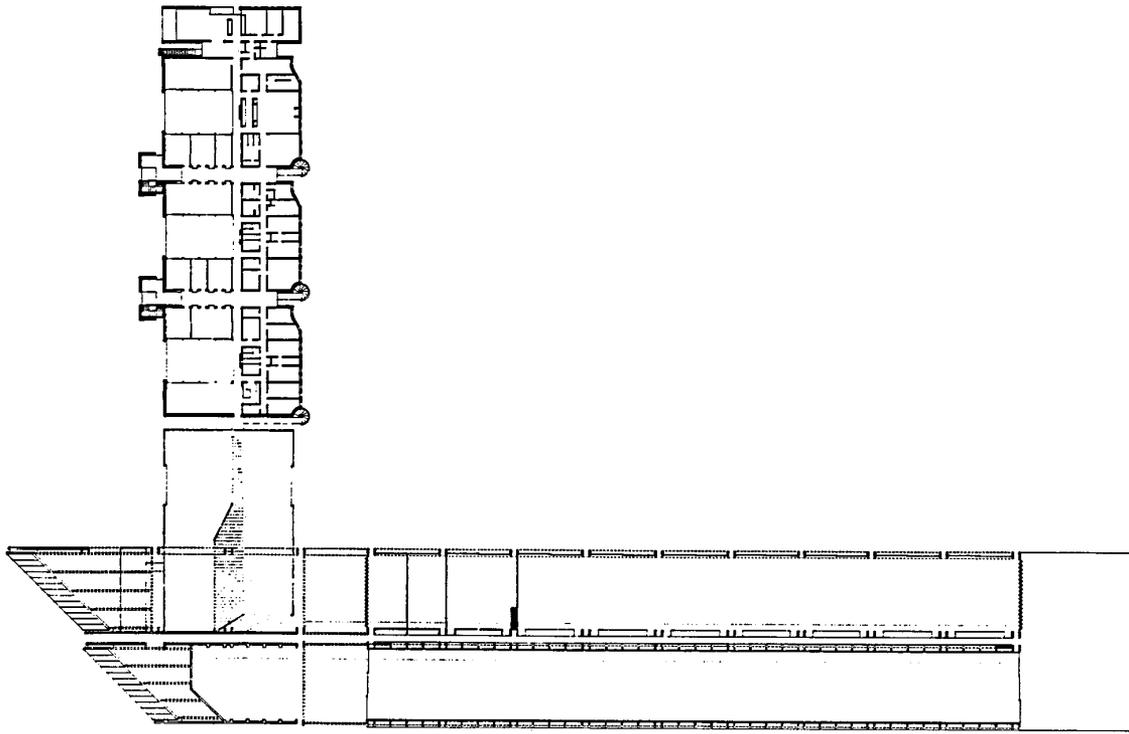
### Concept

- organisation des bureaux autour des serres
- 300 m<sup>2</sup> de panneaux solaires

Plan du rez-de-chaussée



Plan de l'étage



## ÉCOLE GUMPENWIESEN, DIELSDORF

Maitre de l'ouvrage: Commune de Dielsdorf  
 Architecte: R. Lüthi, Regensberg

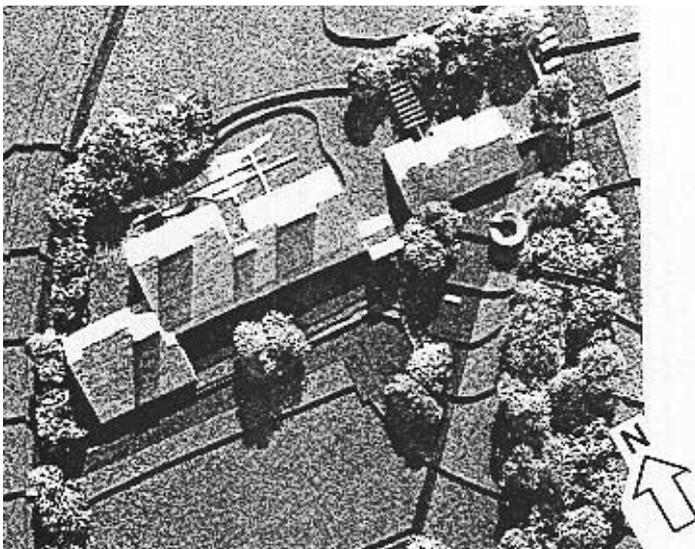
Zone climatique: 3  
 Lieu: 8157 Dielsdorf

Date du projet: 1982  
 Date de réalisation: 1982



Vue façade sud

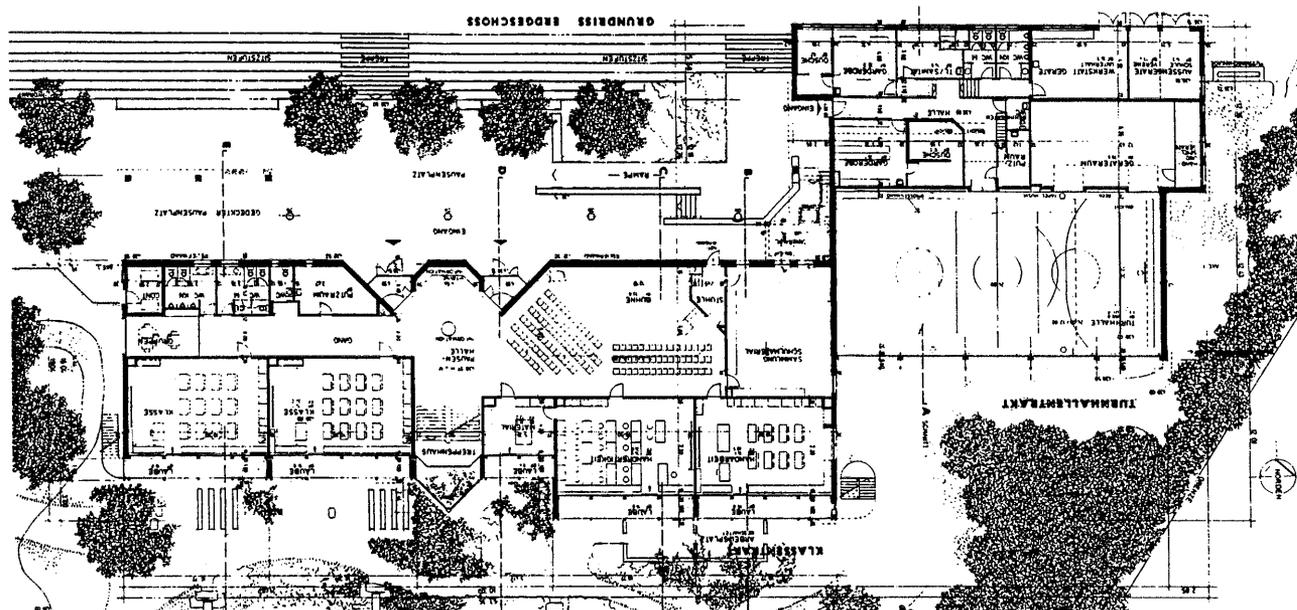
### Situation



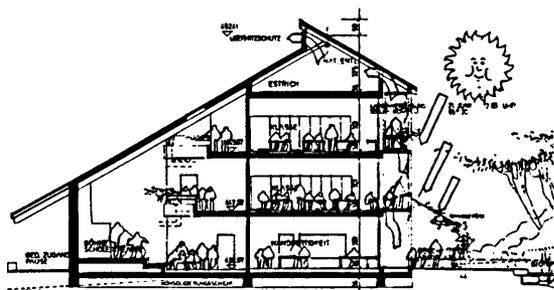
### Concept

- salles de classes orientées au sud
- double façade, espaces tampons au nord
- vérandas au sud / fermées en hiver, balcons en été
- récupération de chaleur sur air vicié
- indice énergétique mesuré:  
 chauffage (PAC électrique + mazout) = 115 MJ/m<sup>2</sup> an  
 eau chaude = 11 MJ/m<sup>2</sup> an  
 électricité = 57 MJ/m<sup>2</sup> an

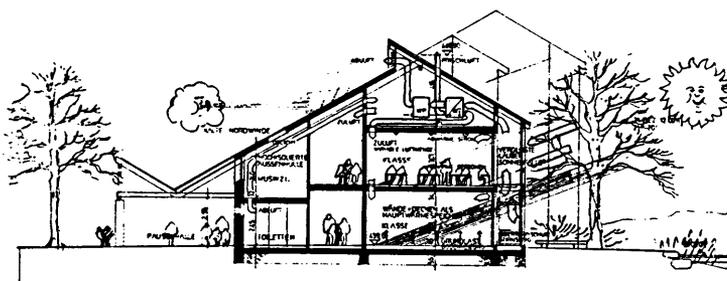
Plan du rez-de-chaussée



Coupe en été



Coupe en hiver



Vue façade nord



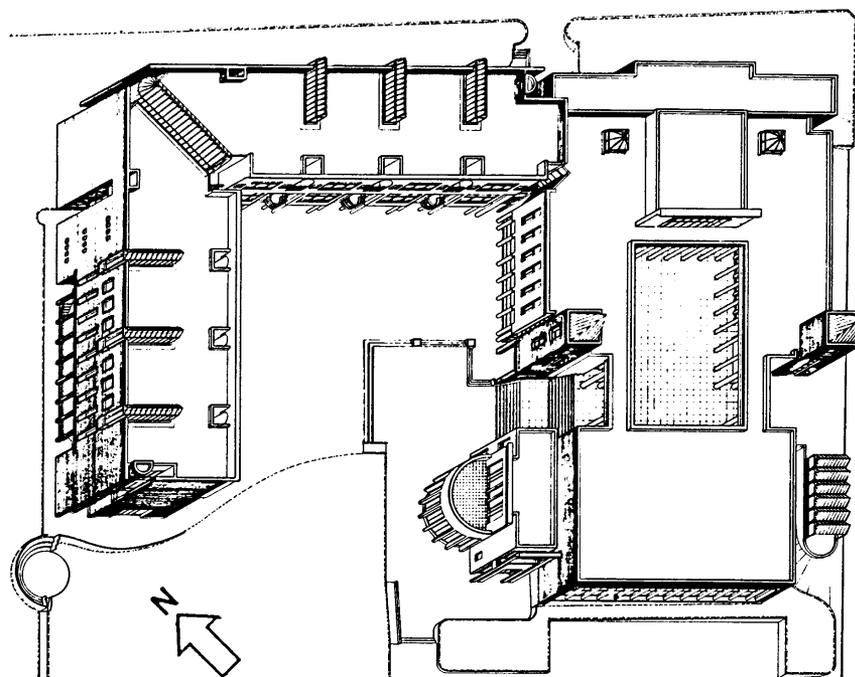
ÉCOLE LE CORBUSIER, GENÈVE

Maître de l'ouvrage: Ville de Genève  
Architecte: U. Brunoni arch. SIA/FAS, Genève  
Collaborateurs: J.-Y. Ravier et J. Jebavy  
Zone climatique: 5  
Lieu: Rue Le Corbusier 2-6, 1200 Genève

Date du projet: 1986  
Date de réalisation: 90-91



Situation



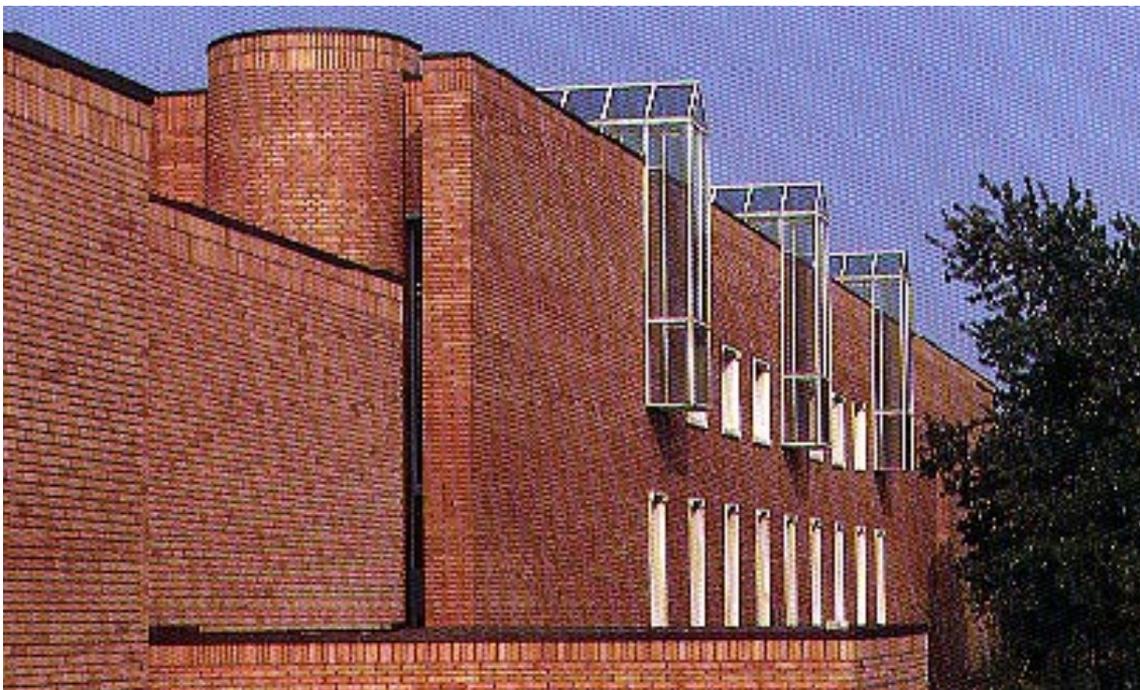
Concept

- éclairage naturel, verrières sur les espaces de circulation
- salles de classe orientées vers le sud

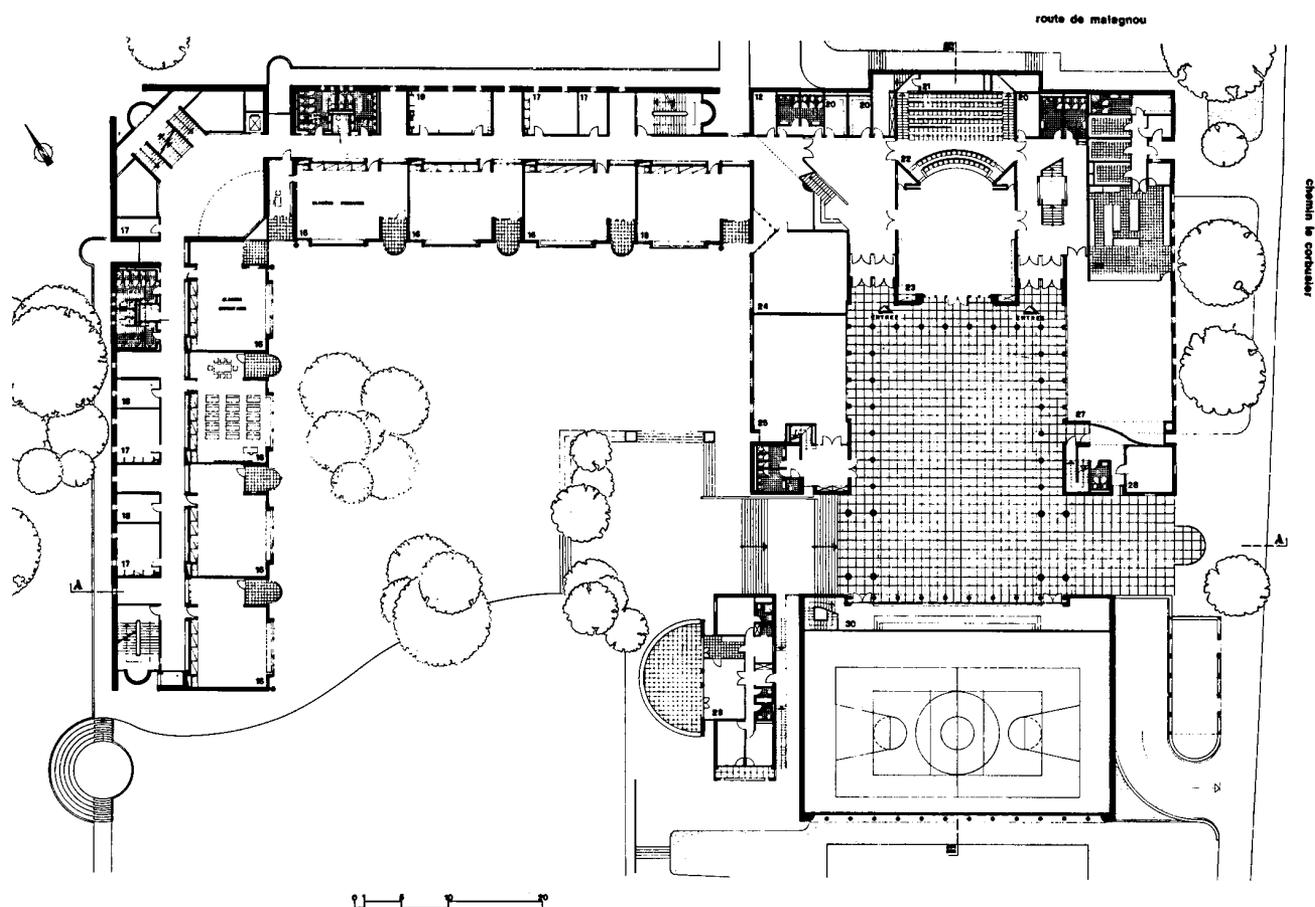


Façade sud-ouest

Façade nord-est (Photos François Schenk, Architecture romande, Genève)



Plan rez supérieur



Coupe A-A

