

# Energies renouvelables et architecture

## Questions en relation avec le projet Guide

### 1 Protection thermique hivernale

Pertes par transmission  
Pertes par aération



### 2 Protection thermique estivale

Charges thermiques  
Rafraîchissement naturel



### 3 Utilisation de l'énergie solaire passive

Gains directs  
Espaces tampons  
Utilisation de la lumière naturelle



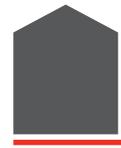
### 4 Utilisation de l'énergie solaire active

Capteurs fenêtres et à air  
Capteurs solaires  
Cellules solaires photovoltaïques



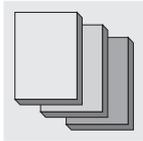
### 5 Utilisation de la chaleur de l'environnement/ Rejets thermiques

Pompes à chaleur  
Utilisation directe des rejets thermique

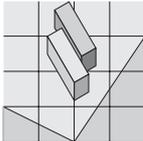


### 6 Chauffages au bois

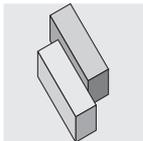
Poêles individuels  
Chauffage central



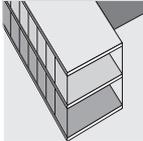
A Programme



B Situation



C Corps des bâtiments



D Structure/Enveloppe



E Construction



F Exploitation




---

### **Associations de soutien**

Ont contribué à la réalisation de cet ouvrage:

#### **SIA**

Société suisse des ingénieurs et des architectes

#### **SOFAS**

Association suisse en faveur de l'énergie solaire

#### **UTS**

Union technique suisse

### **Encadrement**

Le groupe de travail était assisté des spécialistes suivants:

Bernhard Blum, Grossaffoltern  
Ruedi Bühler, Maschwanden  
Lucien Keller, Lavigny  
Rolf Lüthy, Regensberg  
Wolfgang Schett, Bâle  
Roland Stulz, Zurich  
Peter Toggweiler, Mönchaltorf

Ce guide a été rédigé par le Groupe Energies renouvelables dans le déroulement d'un projet:

### **Membres du groupe de travail**

Eric Labhard (chef du groupe de travail)  
architecte HTL, Basler & Hofmann Ingenieure und Planer AG, Zurich

Armin Binz  
Architecte EPF/SIA, Würenlos

Tomaso Zanoni  
Architecte EPF/SIA/SWB, Zanoni Architekten, Zurich

### **Coordinateur pour la direction de PACER**

Dr Charles Filleux  
Basler & Hofmann Ingenieure und Planer AG, Zurich

### **Correction (version française)**

Jean-Claude Scheder, Bercher

### **Crédit photographique**

Pages 72–77  
Photos: Technicum de Winterthour, département architecture et technique du bâtiment  
Dessins: les architectes

### **Graphisme**

Grafisches Atelier Heinz von Arx, Zurich

### **Layout**

Education Design Sepp Steibli, Berne

Copyright © Office fédéral des questions conjoncturelles,  
3003 Berne, 1996

Reproduction d'extraits autorisée moyennant l'indication de la source.

Diffusion: Coordination romande du Programme d'action  
«Construction et Energie» EPFL-LESO, case postale 12,  
1015 Lausanne, (N° de commande 724.215 F)

Form 724.215 f 10/1996 2000 U33803

# Préface

D'une durée totale de 6 ans (1990–1995), le Programme d'action «Construction et Energie» se compose des trois programmes d'impulsions suivants:

- PI-BAT – Entretien et rénovation des constructions
- RAVEL – Utilisation rationnelle de l'électricité
- PACER – Energies 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;
- à proposer une approche économique nouvelle qui prenne 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 Energie», qui paraît 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 la Coordination romande du programme d'action «Construction et Energie» EPFL-LESO, Case postale 12, 1015 Lausanne.

## 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 ou aux associations professionnelles. Ces spécia-

listes sont épaulés par une commission qui comprend des représentants des associations, des écoles et 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 activités une direction de programme a été mise en place; elle se compose du Dr Jean-Bernard Gay, du Dr Charles Filleux, de M. Jean Graf, du Dr Arthur Wellinger ainsi que de Mme Irène Wuillemin 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.

## Documentation

Le recours aux énergies renouvelables dans l'architecture gagne de plus en plus de terrain: c'est une exigence de la part des maîtres d'ouvrage, un défi pour les architectes. Cette documentation donne à ces derniers les moyens d'étudier les possibilités d'intégrer à temps de tels systèmes dès la conception du projet, tant dans le cas de constructions neuves que, sous certaines conditions, lors de rénovation. En se plaçant au-dessus des particularités du moment, ce guide expose les interrelations fondamentales, valables de manière générale, et constitue ainsi une aide précieuse lors de la conception d'un projet. C'est pourquoi il est fait abstraction de toutes propositions de solutions concrètes, sous forme de recettes, afin de ne pas être dépassé par les progrès foudroyants de la technique ou par les conditions-cadres économiques en perpétuel changement. Cet ouvrage aura atteint son but, si l'architecte laisse les critères énergétiques intervenir, dès les premières esquisses, dans la conception du projet, au même titre que les impératifs d'urbanisme, de construction, ou toute autre considération.

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. Ceci a permis aux auteurs d'effectuer les modifications nécessaires, ceux-ci étant toutefois libres de décider des corrections qu'ils souhaitaient apporter à leur texte. Des améliorations sont encore possibles et des suggestions éventuelles peuvent être adressées soit au directeur du cours, soit directement auprès de 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

Octobre 1996  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
Service de la technologie  
Dr B. Hotz-Hart  
Vice-directeur



# Table des matières

---

<b>Introduction</b>	<b>6</b>	<b>Deux exemples tirés de la pratique</b>	<b>71</b>
Objectifs du guide	7	Lumière, air et soleil – en guise d’introduction	71
<b>Structure matricielle des données</b>	<b>8</b>	Auberge du Centre de formation de la jeunesse de Windberg, Niederbayern, Allemagne	72
Comment utiliser le guide	8	Centre de services d’une grande banque à Lugano-Suglio, Tessin, Suisse	78
<b>Les niveaux d’étude</b>	<b>10</b>	<b>Bibliographie (par ordre alphabétique)</b>	<b>85</b>
<b>Les domaines thématiques</b>	<b>12</b>	<b>Publications du Programme d’action PACER</b>	<b>87</b>
Coefficients énergétiques les plus importants	14		
<b>Structure matricielle des données – Vue d’ensemble</b>	<b>15</b>		
A Programme	16		
B Situation	24		
C Corps des bâtiments	32		
D Structure / Enveloppe	40		
E Construction	46		
F Exploitation	52		
<b>Complément bibliographique</b>	<b>61</b>		
1 Protection thermique hivernale	62		
2 Protection thermique estivale	63		
3 Utilisation de l’énergie solaire passive	64		
4 Utilisation de l’énergie solaire active	66		
5 Utilisation de la chaleur de l’environnement et des rejets thermiques.	68		
6 Chauffages au bois	69		

# Introduction

## Pour une façon moderne d'élaborer un projet ou comment construire «more with less»

---

De par sa profession, l'architecte se situe au carrefour de multiples exigences économiques et culturelles de son temps. La notion de «faisabilité» dans les domaines de l'architecture et de la technique prendra à l'avenir, plus que par le passé, toute sa signification. Il reste à définir les critères qui permettent la coexistence de conquêtes tant culturelles que techniques, anciennes et modernes.

La définition d'objectifs raisonnables et la mise en œuvre des moyens appropriés pour les atteindre passent par une réflexion sur les notions actuelles de qualité et de confort. Faisabilité, connaissance de la qualité et confort font partie de ces critères incontournables qui entrent dans une manière globale de concevoir le déroulement d'un projet et la construction. Les tâches de l'architecte d'aujourd'hui, par leurs multiples imbrications, plaident en faveur de l'architecte généraliste.

Aussi sera-t-il demandé à l'architecte de mener une étude de projet de manière globale, de disposer d'une équipe pluridisciplinaire et d'être capable de dialoguer avec les spécialistes. L'architecte devient le coordinateur des activités des différents experts participant à l'étude de projet et à la construction et il est appelé à assumer également le rôle d'instance critique.

Les années 90 verront se dessiner une nouvelle conscience de l'environnement. Les questions portant sur le cycle des matériaux et l'utilisation rationnelle de l'énergie occuperont une place de premier plan dans la discussion d'un mandat d'architecture – dans le cadre des conditions économiques et écologiques données – tant dans le cas d'une construction à neuf que d'une rénovation.

La construction a atteint dans la dernière décennie une complexité inconnue jusqu'à présent. Les interactions dynamiques nées de la rencontre entre les besoins d'une société qui se développe rapidement et les possibilités technologiques, nous conduisent paradoxalement dans une situation où tout semble possible mais où tout devient de plus en plus inabordable: contraintes socio-économiques et développement de la conscience de l'environnement obligent, tandis que les possibilités techniques de la société postindustrielle sont en mutation accélérée. Ce changement profond des valeurs affectera également les questions d'architecture et d'urbanisme: étude et construction devront répondre chacune à des exigences particulières de protection et de production.

Le recours raisonné à l'énergie renouvelable sous-entend l'adaptation des modes de construction. Les cycles équilibrés de l'énergie et des matériaux comme le recours à des éléments naturels sont des thèmes qui s'appliquent de plus en plus souvent tant à l'aspect fonctionnel que visuel du bâtiment. Ainsi à la notion de «construction adéquate» s'ajoute celle de «technologie appropriée» ou de «recours à une technologie appropriée». Sans pour autant que la technique soit appelée à jouer un rôle mythique ou au contraire qu'elle soit négligée, ni qu'elle serve de pôle directeur. Il incombe à l'architecte de privilégier dans ses services une attitude sans préjugé vis-à-vis des techniques énergétiques, de s'informer en fonction de telle situation et de faire un choix rationnel.

La question du domaine d'application des énergies renouvelables ne se laisse pas réduire à une discussion sur l'état du développement de la technologie. Les questions fondamentales qui se posent au début de toute nouvelle étude de projet de bâtiments neufs ou de rénovations ont leur rôle à jouer. Il est importe de définir avec précision l'affectation du bâtiment, le type de construction et les possibilités de division et de modulation. L'exemple de bâtiments à stricte vocation d'habitation ou de bureaux démontre l'importance de la différenciation des utilisations en rapport avec le choix du concept énergétique approprié. Les autres facteurs déterminants sont par exemple la forme, la position et le lieu d'implantation du bâtiment. Le «bâtiment autarcique», but suprême écologique et économique, reste cependant toujours dépendant d'une série d'autres facteurs. L'architecte, placé dans le rôle du généraliste, doit prendre en considération ces différents aspects et les intégrer dans son ébauche de projet. Seule la prise en considération globale de tous les aspects de la construction lors de la première ébauche permet de poser les questions essentielles dans la phase de l'avant-projet déjà, puis de les résoudre en termes architecturaux, afin que les exigences et les objectifs écologiques et économiques fixés au départ puissent devenir des composants parfaitement intégrés dans le déroulement rationnel du projet d'étude.

L'objectif se résume en trois mots: «More with less».

## Les objectifs de ce guide

---

### Le déroulement de l'étude

Le point capital de ce guide, conçu comme un instrument de travail, se situe au tout début de l'étude de projet, là où sont prises les options définitives permettant d'intégrer les questions énergétiques dans la conception du projet.

Le déroulement du projet n'est pas un processus linéaire, continu de A jusqu'à Z, mais bien plutôt un processus particulier, multirelationnel, avec sa propre structure. Il importe d'élaborer simultanément des critères de décision aux différents niveaux, de prendre conscience que les questions pertinentes sont à poser au bon moment et d'aborder les études de projet de manière globale.

L'architecte en tant que généraliste, et souvent seul interlocuteur du maître de l'ouvrage dans les premières phases du projet, est sollicité de plus en plus par les questions énergétiques et il lui incombe de les traiter avec compétence en les intégrant dans son étude. Les objectifs énergétiques sont à formuler dès l'établissement du programme d'étude tout en n'ignorant pas que la situation du bâtiment sur la parcelle entraîne des options énergétiques de base. Citons pour exemple l'orientation du bâtiment dans le cas d'une utilisation optimale de l'énergie solaire ou le choix du lieu d'implantation disposant d'une surface de stockage pour l'hiver si l'option chauffage central à bois est retenue. Une bifurcation ratée ne pourra pas être corrigée dans les phases ultérieures du projet ou seulement avec difficulté et avec l'aide d'un spécialiste.

Ce guide se propose de jeter un éclairage sur l'ensemble des problèmes posés par le recours aux énergies renouvelables, en soulevant les questions prioritaires propres à chaque objet et en offrant des exemples d'application de solutions réussies.

### Type de bâtiments et utilisation

Ce guide s'adapte à tous les genres de bâtiments, chacun se distinguant par son type d'utilisation et ses caractéristiques énergétiques. Il faut dresser les profils énergétiques en rapport avec l'utilisation spécifique du bâtiment, comprenant les besoins d'énergie de chauffage, les rejets thermiques internes, les horaires d'utilisation, le recours à la lumière naturelle, etc. Sur la base de cette analyse, différentes stratégies énergétiques seront introduites dans le cours de l'étude. Ainsi, les bâtiments avec des besoins d'énergie de chauffage indispensables (p. ex. habitation) pourront profiter d'un apport optimal d'énergie solaire. Pour les bâtiments à fortes charges thermiques internes (p. ex. bureaux et unités de production), la priorité sera accordée à une protection solaire efficace en privilégiant la lumière naturelle pour l'éclairage des places de travail.

### Bâtiments neufs et rénovations

En général, les analyses énergétiques de base sont valables tant pour les bâtiments neufs que pour la rénovation de bâtiments existants. Pour les bâtiments existants les possibilités d'amélioration sont malgré tout fortement restreintes par les conditions-cadres données. Pour optimiser énergétiquement un bâtiment existant, il est nécessaire de faire une analyse globale comprenant un relevé de son état et des conditions existantes.

# Structure matricielle des données

## Comment utiliser le guide

---

### Structure matricielle des données

La matrice ci-contre est la pièce maîtresse de cet outil de travail. Elle présente les thèmes énergétiques parallèlement au déroulement de l'étude du projet: celui-ci est divisé en six niveaux (voir page 10) et les thèmes énergétiques sont répartis en six domaines, eux-mêmes divisés en 2 ou 3 sous-thèmes ou systèmes d'application (voir page 12).

Chaque intersection entre un niveau de projet et un domaine de thème introduit une case comprenant deux ou trois mots clés, qui résument l'état actuel du projet (niveau de déroulement) et le domaine énergétique qui le concerne. Par exemple, pour la forme du bâtiment (niveau de projet C) avec intégration de l'utilisation de l'énergie solaire passive (domaine énergétique 3), on peut trouver des questions concernant la réglementation des zones, le choix d'un système ou son emplacement (case C3).

La matrice permet à volonté d'incorporer différents systèmes et de les relier avec des énergies renouvelables, à chaque stade de l'étude du projet, en les intégrant complètement dans le réseau. La matrice tient compte de l'avancement du projet et des conditions limites données, dans le sens où – par analogie à un jeu d'échecs – on peut sortir de chaque case et passer de l'une à l'autre. Par exemple, pour un projet de rénovation, la première étape consistera dans l'analyse de l'utilisation en vigueur (niveau de projet F) ou de la détérioration de l'enveloppe (niveau de projet D ou E).

La matrice structure et relie les différentes phases de l'étude de projet. Elle est la clé pour établir les données du problème de manière globale et pour ébaucher des solutions. La matrice complète se trouve en page 15 et en page intérieure de couverture, que l'on peut déplier pour faciliter son utilisation.

### Le champ matriciel

A partir de la page 16, les cases sont divisées en chapitres de A à F. Chaque case comprend les deux ou trois systèmes énergétiques ou thèmes des domaines concernés et, en relation avec les deux ou trois mots clés, les questions pertinentes apparaissent, des esquisses de solutions sont proposées, des principes de base proposés selon les cas. Les renvois (signalés par des flèches) servent à établir les liaisons thématiques et à mettre en évidence les objectifs harmonieux ou antinomiques. Le texte n'est pas rédigé pour être lu d'un seul trait, il est conçu comme check-list et ouvrage de consultation lors de l'élaboration du projet: les répétitions sont par conséquent inévitables.

### Autres directives pour l'élaboration du projet

Au gré de l'expérience personnelle de l'architecte et de la complexité du mandat, les diverses questions et directives sont à inclure dans les études de projet, éventuellement à l'aide de moyens complémentaires et de spécialistes, et à intégrer dans un concept de solutions global conforme aux buts fixés. Outre les conseils en cas de recours à des spécialistes, vous trouverez à partir de la page 61 des références bibliographiques pour approfondir chaque sujet traité. Ces références sont classées selon les domaines de thèmes de 1 à 6.

De brèves indications sur le contenu, regroupées par thèmes, en facilitent la compréhension.

Dans la bibliographie établie par ordre alphabétique (page 85), les ouvrages sont cités de manière complète, avec les indications du nom des auteurs et des éditeurs.

**1 Protection thermique hivernale**

Pertes par transmission  
Pertes par aération



**2 Protection thermique estivale**

Charges thermiques  
Rafraîchissement naturel



**3 Utilisation de l'énergie solaire passive**

Gains directs  
Espaces tampons  
Utilisation de la lumière naturelle



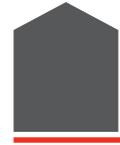
**4 Utilisation de l'énergie solaire active**

Capteurs fenêtres et à air  
Capteurs solaires  
Cellules solaires photovoltaïques



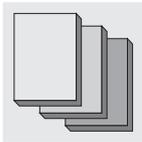
**5 Utilisation de la chaleur de l'environnement/ Rejets thermiques**

Pompes à chaleur  
Utilisation directe des rejets thermiques

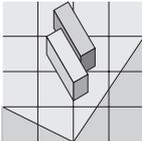


**6 Chauffages au bois**

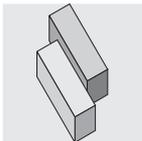
Poêles individuels  
Chauffage central



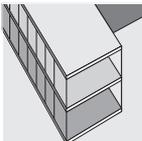
**A Programme**



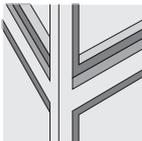
**B Situation**



**C Corps des bâtiments**



**D Structure/Enveloppe**



**E Construction**

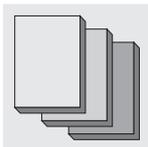


**F Exploitation**

	Situation initiale Conditions à remplir But recherché	Situation initiale Conditions à remplir But recherché	Situation initiale Conditions à remplir But recherché	Situation initiale Conditions à remplir But recherché	Situation initiale Conditions à remplir But recherché	Situation initiale Conditions à remplir But recherché
	Climat Position Terrain	Climat Position Orientation	Climat Position Orientation	Climat Position Orientation	Air Eau Géothermie	Approvisionnement Mise en service Choix d'un système
	Volume des bâtiments Création de zones	Création de zones Orientation	Création de zones Choix d'un système Positionnement	Choix d'un système Dimensionnement Positionnement	Choix d'un système Positionnement Répartition	Positionnement Stockage Distribution
	Choix d'un système Surface utile Choix des matériaux	Inertie du bâtiment Enveloppe du bâtiment Choix d'un système	Surface utile Stockage Distribution	Intégration Stockage Distribution		
	Systèmes de construction Physique du bâtiment Points faibles	Vitrages Protection solaire Eléments de construction	Vitrages Construction Structure intérieure	Façades Toit incliné Toit plat		
	Confort de l'utilisateur Entretien Etat effectif	Confort de l'utilisateur Entretien Etat effectif	Confort de l'utilisateur Entretien Etat effectif	Confort de l'utilisateur Entretien Etat effectif	Confort de l'utilisateur Entretien Etat effectif	Confort de l'utilisateur Entretien Etat effectif

# Les niveaux d'étude

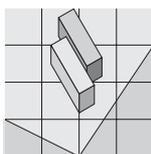
Le déroulement du projet est rarement linéaire, il progresse la plupart du temps de manière singulière et multirelationnelle. Il importe d'élaborer simultanément des critères de décision aux différents niveaux, de prendre conscience des questions pertinentes à poser au bon moment et d'aborder les études de manière globale. Les niveaux d'étude de A à F ne correspondent pas aux phases de projet de la norme SIA 102 pour le calcul des prestations et des honoraires. Le projet est divisé en différents niveaux de travail qui correspondent aux phases préliminaires, à l'étude et à l'avant-projet.



## A Programme

Intentions du projet  
Utilisation et distribution des espaces  
Exigences d'exploitation  
Idées et intentions dans le domaine des énergies renouvelables  
Conditions-cadres et interdépendances dans le cas de rénovation (transformation, assainissement et rénovation)  
Conception et définition du programme (pour concours d'architecture, contrats d'étude, concept énergétique, etc.)

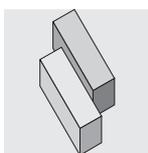
Définitions dans les cahiers des charges, le programme d'utilisation et la distribution de l'espace, etc.



## B Situation

Evaluation de la parcelle  
Situation  
Mise en valeur  
Orientation  
Climat  
Disponibilité de sources d'énergies renouvelables

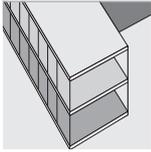
Echelle de travail usuelle 1:500



## C Corps des bâtiments

Forme du bâtiment  
Dispositions d'exploitation  
Organisation du plan  
Choix du système énergétique

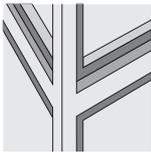
Echelle de travail usuelle 1:200



**D Structure/  
Enveloppe**

Structure porteuse  
Projet de plan  
Forme de la façade  
Matérialisation  
Intégration du système énergétique

Echelle de travail usuelle 1:100 / 1:50



**E Construction**

Construction du bâtiment  
Détails de technique de construction  
Spécification du système et des matériaux

Elaboration des détails clés à l'échelle 1:20 / 1:5



**F Exploitation**

Exigences de l'utilisateur  
Comportement de l'utilisateur et confort  
Exploitation et entretien  
Données techniques de base sur l'énergie pour les installations et les bâtiments existants  
Changement d'utilisation

# Les domaines thématiques

L'utilisation des énergies renouvelables se divise par thèmes en six domaines. Les trois premiers concernent essentiellement la réduction des besoins énergétiques (1, 2, 3), les trois suivants la couverture des besoins complémentaires (4, 5, 6).

## 1 Protection thermique hivernale



L'utilisation d'énergies renouvelables implique une protection thermique hivernale conséquente. Il importe de réduire au strict et raisonnable minimum les besoins thermiques durant la période de chauffage. Ce n'est qu'ensuite qu'il faut couvrir les besoins complémentaires avec le chauffage, de préférence en recourant à des énergies renouvelables.

Par le biais des deux thèmes centraux, **pertes par transmission** (conductibilité thermique) et **pertes de chaleur par aération**, l'énoncé des problèmes et les mesures envisagées seront pris en compte dans le cours de l'étude.

Une bonne isolation de l'enveloppe du bâtiment diminue les pertes par transmission. Parallèlement à une bonne valeur k des éléments de construction, il faut également tenir compte des autres conditions données.

Les pertes de chaleur par aération sont causées par une enveloppe de bâtiment insuffisamment étanche et un comportement inadéquat des utilisateurs. Dans un bâtiment bien isolé, les pertes de chaleur par aération sont généralement assimilées à la perte globale de chaleur.

Une enveloppe de bâtiment à l'étanchéité bien conçue et un comportement adapté des utilisateurs permettent de diminuer considérablement les pertes. Une autre possibilité de diminution des pertes réside dans l'aération contrôlée équipée d'un système de récupération de chaleur (RC).

Les mesures de protection thermique hivernale seront adaptées aux exigences de protection thermique estivale ainsi qu'aux possibilités d'utilisation de l'énergie solaire passive.

## 2 Protection thermique estivale



La protection solaire estivale est prioritaire dans les bâtiments bien isolés avec de grandes charges thermiques intérieures. Il importe de réduire suffisamment les charges thermiques intérieures et extérieures de manière à pouvoir renoncer à une climatisation gourmande en énergie. Si malgré tout une climatisation s'avère nécessaire ou si des exigences de confort élevées se justifient, il faut à tout prix perfectionner toutes les possibilités de refroidissement naturel.

L'aération naturelle est depuis toujours la manière la plus simple de lutter contre la surchauffe des pièces. Dans le cas de grandes charges thermiques intérieures ou de conditions extérieures qui rendent difficile une aération naturelle, la pose d'une installation mécanique de venti-

lation peut être utile. De cette manière, en été, le confort thermique des pièces sera augmenté par une aération nocturne intensive et par un préfraîchissement de l'air dans le sol, ou par des moyens de conception semblable qui requièrent des besoins énergétiques minimaux.

Par le biais des deux thèmes «**Charges thermiques**» et «**Refroidissement naturel**», l'énoncé des problèmes et les mesures envisagées seront pris en compte dans le cours de l'étude.

Les mesures de la protection thermique estivale seront adaptées aux exigences de protection thermique hivernale ainsi qu'aux possibilités de l'utilisation de l'énergie solaire.

## 3 Utilisation de l'énergie solaire passive



Parallèlement à la protection thermique hivernale, l'utilisation passive de l'énergie solaire concourt de façon idéale à réduire les besoins d'énergie au strict minimum. Son application passe par l'ouverture du bâtiment au soleil, en opposition à une manière fort répandue de concevoir la stratégie de protection thermique, expression de l'introversion et de l'enfermement.

L'énergie solaire peut être captée avec des **gains directs** par les fenêtres et les systèmes de façades spéciaux avec isolation thermique translucide ou à double enveloppe. Les **espaces tampons** comme les jar-

dins d'hiver, les balcons vitrés ou les atriums peuvent apporter une contribution utile à la réduction du besoin thermique. Le soleil ne nous fournit pas seulement la chaleur, mais aussi la **lumière naturelle**, que l'on peut introduire de manière intensive dans nos bâtiments. Par le biais de ces systèmes, l'énoncé des problèmes et les mesures envisagées seront pris en compte dans le cours de l'étude.

En outre, il faut adapter l'utilisation de l'énergie solaire passive aux diverses exigences et conditions de protection thermique hivernale et estivale.

---

L'utilisation de l'énergie solaire active se distingue de l'utilisation de l'énergie solaire passive par le recours indispensable à une énergie d'appoint, afin de rendre l'exploitation plus performante. Cette énergie d'appoint, le plus souvent électrique, servira au fonctionnement des pompes à chaleur, ventilateurs ou autres.

**Capteurs-fenêtres et capteurs à air** utilisent l'air comme vecteur de chaleur et seront introduits pour le chauffage d'appoint des pièces. Les capteurs, mais aussi les accumulateurs nécessaires seront intégrés au bâtiment comme éléments architecturaux.

Les **capteurs solaires** à liquide caloporteur sont indiqués pour le chauffage de l'eau et comme chauffage d'appoint. Les **cellules photovoltaïques**, ou installations photovoltaïques, sont capables de transformer la lumière solaire en électricité et de ce fait contribuent à la substitution de l'énergie électrique de haute valeur.

L'utilisation de l'énergie solaire active doit également être adaptée architecturalement aux exigences de son utilisation passive, à la protection thermique, au recours à la géothermie et aux chauffages à bois.

#### 4 Utilisation de l'énergie solaire active



---

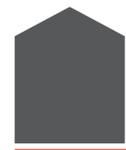
Les sources de chaleur issues de l'environnement, qu'il s'agisse de l'air, de l'eau ou du sol sont disponibles quasiment partout. A l'aide de **pompes à chaleur**, ces sources de chaleur, si elles présentent un niveau de température suffisamment élevé et constant, peuvent être exploitées pour la fourniture d'eau chaude. Les installations de pompes à chaleur peuvent être actionnées à l'aide de l'électricité, du gaz ou du mazout. Des rejets thermiques d'un niveau de température plus élevé peuvent être utilisés, issus par exemple de procédés artisanaux et industriels, de manière directe au moyen d'un échangeur pour le chauffage des locaux ou de l'eau.

Des installations monovalentes exigent une source environnementale ou des rejets thermiques ayant un niveau de température suffisant et constant afin de couvrir les besoins de chaleur pour toute la période d'utilisation, sans chauffage d'appoint.

Si une telle source n'est pas disponible, l'installation peut être bivalente, avec un système de chauffage d'appoint. Des installations bivalentes augmentent d'autant la sécurité d'approvisionnement et d'exploitation.

Comme systèmes d'appoint, il faut étudier le recours à l'énergie solaire active (capteurs-fenêtres et capteurs d'air, capteurs solaires) ou aux chauffages à bois.

#### 5 Chaleur issue de l'environnement / utilisation des rejets thermiques



---

La forêt nous fournit de l'énergie renouvelable sous forme de bois. Aujourd'hui, en Suisse, on exploite seulement environ la moitié du potentiel du bois de chauffage. Les progrès de la technique ont fait que l'utilisation du chauffage au bois devient une authentique alternative, qui plus est écologique, pour des maisons à basse consommation jusqu'aux grands bâtiments et ensembles

d'habitation. Avec des **poêles individuels** et différents systèmes de **chauffage central**, il est désormais permis d'examiner les possibilités d'utilisation et les conditions particulières pour chaque projet. Le chauffage au bois est un complément optimal à l'utilisation de l'énergie solaire, de la chaleur de l'environnement et des rejets thermiques.

#### 6 Chauffage au bois



## Coefficients énergétiques les plus importants

A l'intérieur des cases du tableau on peut trouver des données propres à évaluer la puissance et les besoins énergétiques de chauffage selon SIA 380/1 «Energie dans le bâtiment». La table ci-dessous propose des valeurs indicatives qui peuvent servir de base à un dimensionnement approximatif des installations au moment de l'étude de projet. Ces valeurs se rapportent à la surface de plancher chauffée, ou surface de référence énergétique (SRE).

<b>Puissance spécifique de chauffage par m<sup>2</sup> de surface de plancher</b>		
Habitation bien isolée:	30 à 50 W/m <sup>2</sup>	
<b>Besoins d'énergie de chauffage sans eau chaude (MJ/m<sup>2</sup> a)</b>	Constructions neuves	Transformées
Maison pour 1 ou 2 familles (*)	280	340
Immeubles d'habitations, hôtels, homme (*)	250	330
Administrations, écoles, etc. (*)	220	280–330
Maisons à basse consommation	< 200	

(\*) Valeurs cibles selon SIA 380/1

### Exemple:

Un groupement d'habitations de 6 maisons en ligne, d'une surface de plancher chauffée de  $6 \times 140 \text{ m}^2 = 840 \text{ m}^2$ , avec une bonne isolation, a un besoin d'énergie de chauffage de:

$$840 \text{ m}^2 \times 250 \text{ MJ / a} = 210\,000 \text{ MJ / a}$$

Si cette chaleur est produite par un chauffage à bois avec un rendement de 80 %, les besoins de bois seront:

$$210\,000 \text{ MJ / a} : 0.8 = 262\,500 \text{ MJ / a}$$

c'est-à-dire

$$262\,500 \text{ MJ / a} : 15 \text{ MJ / kg de bois} = 17\,500 \text{ kg de bois par année}$$

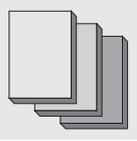
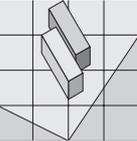
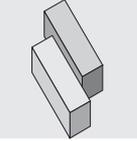
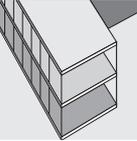
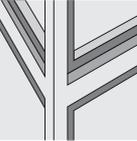
cela signifie

$$17\,500 \text{ kg de bois par année} : 500 \text{ kg de feuillu/stère} = 35 \text{ stère par année.}$$

La puissance de chauffage nécessaire est de l'ordre de grandeur suivant

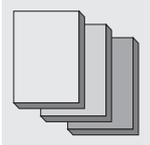
$$840 \text{ m}^2 \text{ SRE} \times 30 \text{ W / m}^2 \text{ SRE} = 25\,200 \text{ W, c'est-à-dire } 25 \text{ kW.}$$

# Structure matricielle des données

	<b>1 Protection thermique hivernale</b>	<b>2 Protection thermique estivale</b>	<b>3 Utilisation de l'énergie solaire passive</b>	<b>4 Utilisation de l'énergie solaire active</b>	<b>5 Utilisation de la chaleur de l'environnement/ Rejets thermiques</b>	<b>6 Chauffages au bois</b>
	Pertes par transmission Pertes par aération	Charges thermiques Rafraîchissement naturel	Gains directs Espaces tampons Utilisation de la lumière naturelle	Capteurs fenêtres et à air Capteurs solaires Cellules solaires photovoltaïques	Pompes à chaleur Utilisation directe des rejets thermiques	Poêles individuels Chauffage central
						
 <b>A Programme</b>	A1 Page 16  Situation initiale Conditions à remplir But recherché	A2 Page 17  Situation initiale Conditions à remplir But recherché	A3 Page 18  Situation initiale Conditions à remplir But recherché	A4 Page 20  Situation initiale Conditions à remplir But recherché	A5 Page 22  Situation initiale Conditions à remplir But recherché	A6 Page 23  Situation initiale Conditions à remplir But recherché
 <b>B Situation</b>	B1 Page 24  Climat Position Terrain	B2 Page 25  Climat Position Orientation	B3 Page 26  Climat Position Orientation	B4 Page 28  Climat Position Orientation	B5 Page 30  Air Eau Géothermie	B6 Page 31  Approvisionnement Mise en service Choix d'un système
 <b>C Corps des bâtiments</b>	C1 Page 32  Volume des bâtiments Création de zones	C2 Page 33  Création de zones Orientation	C3 Page 34  Création de zones Choix d'un système Positionnement	C4 Page 36  Choix d'un système Dimensionnement Positionnement	C5 Page 38  Choix d'un système Positionnement Répartition	C6 Page 39  Positionnement Stockage Distribution
 <b>D Structure/Enveloppe</b>	D1 Page 40  Choix d'un système Surface utile Choix des matériaux	D2 Page 41  Inertie du bâtiment Enveloppe du bâtiment Choix d'un système	D3 Page 42  Surface utile Stockage Distribution	D4 Page 44  Intégration Stockage Distribution		
 <b>E Construction</b>	E1 Page 46  Systèmes de construction Physique du bâtiment Points faibles	E2 Page 47  Vitrages Protection solaire Eléments de construction	E3 Page 48  Vitrages Construction Structure intérieure	E4 Page 50  Façades Toit incliné Toit plat		
 <b>F Exploitation</b>	F1 Page 52  Confort de l'utilisateur Entretien Etat effectif	F2 Page 53  Confort de l'utilisateur Entretien Etat effectif	F3 Page 54  Confort de l'utilisateur Entretien Etat effectif	F4 Page 56  Confort de l'utilisateur Entretien Etat effectif	F5 Page 58  Confort de l'utilisateur Entretien Etat effectif	F6 Page 59  Confort de l'utilisateur Entretien Etat effectif



## 1 Isolation thermique hivernale



### A Programme

## A1

### PERTES PAR TRANSMISSION

#### Situation initiale

Quels sont les modes d'exploitation prévus dans le projet? Projette-t-on une exploitation ou des espaces avec des niveaux de température et des exigences de confort différents? Prévoit-on des exploitations à temps partiel? Ces espaces seront-ils occupés à plein temps (habitation), durant la journée (travail) ou pour un bref laps de temps?

#### Peut-on séparer différentes zones thermiques?

Existe-t-il des zones avec de grandes charges thermiques internes? Comment estimez-vous le découpage en zones thermiques dans les constructions existantes, l'enveloppe du bâtiment, etc. (→ F1)? Définissez les conditions limites en cas de rénovation. Quelles conséquences découlent d'éventuels changements d'affectation?

#### Conditions à remplir

Quels coûts d'énergies actuels et futurs doivent être pris en compte lors du projet? Le maître de l'ouvrage est-il prêt à intégrer les coûts de l'environnement (par ex. 0,3 fr./kg de mazout)?

#### Une isolation thermique efficace est la condition de base pour l'exploitation de l'énergie renouvelable.

Comment l'isolation thermique peut-elle être réalisée avec des matériaux écologiques?

#### Buts à atteindre

Quelle est la position du maître de l'ouvrage par rapport à l'isolation thermique? Est-il prêt à faire des efforts supplémentaires (par ex. en faveur d'une isolation thermique de 20 % supérieure aux prescriptions)?

Testez des énergies renouvelables pour le chauffage des locaux (→ A4, A5, A6).

#### Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.

Intégrez les objectifs de l'isolation thermique estivale (→ A2) et de l'utilisation de l'énergie solaire passive (→ A3).

### PERTES PAR AÉRATION

Peut-on définir les besoins d'air frais selon l'utilisation différenciée (nombre d'occupants et air vicié dans un local fermé par la fumée, les odeurs, des émanations polluantes)? Y a-t-il des charges thermiques intérieures (→ A2, A5)? Une utilisation spéciale implique-t-elle des exigences particulières sur le climat ambiant et l'aération de la pièce?

Quelles sont les attentes de confort (aération naturelle, aération mécanique, climatisation)?

Comment estimez-vous pour les bâtiments existants les possibilités d'aération et des installations de ventilation (→ F1)? Définissez les conditions limites en cas de rénovation. Quelles conséquences découlent d'un éventuel changement d'affectation?

#### Prenez garde aux pertes par aération dans les bâtiments bien isolés qui augmentent de manière significative (jusqu'à 50 % de perte de chaleur).

Il faut, de ce fait, porter une attention soutenue à l'étanchéité de l'enveloppe. Les pertes de chaleur peuvent être limitées avec des installations de ventilation équipées d'un système de récupération de chaleur. Ce type d'installation, lorsqu'il est bien conçu et correctement exploité, est énergétiquement rationnel.

Etudiez un concept d'aération qui réponde à une exigence annuelle (→ A2).

#### Définissez les besoins et les exigences de confort concernant l'air ambiant.

Une installation mécanique est-elle utile et rationnelle d'un point de vue énergétique? Quelle est la position du maître de l'ouvrage par rapport à l'aération mécanique (p. ex. dans les immeubles d'habitation)?

Renseignez-vous sur les besoins de confort. Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.



### CHARGES THERMIQUES

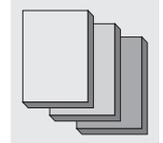
#### Situation initiale

Quels sont les modes d'exploitation prévus dans le projet? **Existe-t-il des sources de chaleur provenant des personnes, d'appareils et de l'éclairage?** Peut-on les définir et les quantifier? Ces charges thermiques peuvent-elles être attribuées à des zones d'exploitation ou des espaces délimités?

Quelles sont les charges thermiques présentes dans des bâtiments existants? (→ F2). Définissez les conditions limites en cas de rénovation. Quelles conséquences découlent d'un éventuel changement d'affectation?

### REFROIDISSEMENT NATUREL

Quels modes d'exploitation et quelles exigences de confort prévoit-on dans le projet? **Evaluez les besoins de puissance pour la production de froid.** Les exigences de confort peuvent-elles être attribuées à des espaces ou à des zones d'exploitation délimités? Prévoit-on une utilisation à temps partiel? Quelles expériences ont été faites dans des bâtiments existants pour ce qui est de l'aération naturelle (→ F2)? Définissez les conditions limites en cas de rénovation. Quelles conséquences découlent d'un éventuel changement d'affectation?



A Programme

#### Conditions à remplir

**Mis à part les charges thermiques internes liées à l'exploitation, il faut tenir compte des charges thermiques externes issues du rayonnement solaire direct ou par transmission.**

En été, l'occupation de certains espaces de travail peut s'avérer délicate (p. ex. bureaux et halles de production) tout comme celle de salles avec de nombreux occupants (p. ex. écoles et salles de réunions).

Les bâtiments de construction légère ou dotés de grandes surfaces vitrées sont également problématiques. Les protections solaires doivent-elles simultanément satisfaire les besoins élevés de lumière naturelle (→ A3)?

**Quelles valeurs limites de température doit-on absolument maintenir?** Interrogez-vous sur les exigences de confort de l'utilisateur et les tolérances de variations de température pour les appareils délicats.

Prenez conscience des charges d'investissements et d'exploitation élevées inhérentes à une installation de climatisation. Comment évolueront à long terme les coûts de l'énergie (électricité)?

Soyez attentifs aux prescriptions liées à l'autorisation d'une installation de climatisation (justification des besoins).

Renseignez-vous sur les nouvelles possibilités techniques de refroidissement naturel qui ménagent l'environnement (p. ex. prérefroidissement de l'air dans le sol (→ A5)).

#### Buts à atteindre

**Etudier un concept pour diminuer des charges thermiques internes.** Peut-on éventuellement utiliser ces rejets thermiques en installant une pompe à chaleur (→ A5)?

Evaluez l'efficacité et les exigences de protection solaire. Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les. Intégrez les objectifs de l'isolation thermique estivale (→ A1) et de l'utilisation de l'énergie solaire passive (→ A3).

Etudiez un concept d'aération qui réponde à une exigence annuelle (→ A1). **Fixez-vous comme but de répondre aux besoins de confort par une ventilation naturelle ou à l'aide d'une installation de ventilation à refroidissement naturel.**

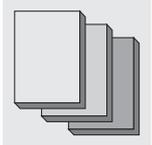
Les mesures prises pour réaliser les besoins de confort sont-elles en proportion avec les quelques jours de canicule?

Interrogez-vous sur les exigences de confort.

Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.



## 3 Utilisation de l'énergie solaire passive



### A Programme

## A3

### GAINS DIRECTS

#### Situation initiale

**Évaluez les besoins de chaleur pour les locaux en dressant le profil particulier d'utilisation et de sa durée ainsi que les charges thermiques internes.**

Faut-il pondérer les besoins de chaleur selon les différents modes d'exploitation ou les zones thermiques?

Estimez l'apport des gains directs dans les bâtiments existants (→ F3).

Définissez les conditions limites en cas de rénovation. Quelles conséquences découlent d'un éventuel changement d'affectation?

### ESPACES TAMPONS

Pour quel usage les espaces tampons sont-ils prévus (p. ex. zone intermédiaire non chauffée, comme contribution aux besoins de chaleur d'un espace, comme agrandissement temporaire d'une pièce, comme espace extérieur protégé du bruit, comme élément architectural, etc.)?

Définissez les conditions limites pour l'adjonction ultérieure d'un espace tampon à une construction existante (→ F3). Quelles conséquences découlent d'un éventuel changement d'affectation?

#### Conditions à remplir

**Les bâtiments bien isolés avec des charges thermiques internes importantes (p. ex. bureaux et bâtiments de production) ont des besoins de chauffage faibles, même en hiver. Le rayonnement solaire direct pose des problèmes de surchauffe (→ A2).**

L'utilisation efficace de l'énergie solaire exige une plus grande tolérance vis-à-vis de la température des pièces. Interrogez-vous sur ces exigences de confort contradictoires.

**Les espaces tampons rationnels ne sont jamais chauffés.**

Afin de pouvoir utiliser l'énergie solaire pour les besoins de chaleur d'un bâtiment, il faut admettre de grandes fluctuations de température dans les espaces tampons. Cette tolérance limite le confort de l'utilisateur et la durée d'utilisation de l'espace tampon.

Les espaces tampons peuvent-ils augmenter la valeur d'un bâtiment existant (énergie et utilisation)?

#### Buts à atteindre

Intégrez le principe de l'utilisation de l'énergie solaire passive dès les premières ébauches architecturales. Comment intégrer les exigences particulières des protections thermiques hivernales (→ A1) et estivales (→ A2)? Comment améliorer l'utilisation de l'énergie solaire passive dans les bâtiments existants? Comment couvrir les besoins supplémentaires de chaleur (→ A4, A5, A6)?

**Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.**

Examinez les besoins spécifiques de confort et d'exploitation des utilisateurs. Existe-t-il un projet d'exploitation temporaire? Interrogez-vous sur les exigences de confort et définissez les objectifs de l'espace tampon.

Quelles seront les incidences du point de vue spatial et énergétiques sur le bâtiment principal?

**Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.**

## UTILISATION DE LA LUMIÈRE NATURELLE

---

### Situation initiale

Quels sont les modes d'exploitation prévus dans le projet? **Quelles exigences spécifiques sont-elles posées à l'utilisation de la lumière naturelle?** Quelles tâches visuelles pour quelles conditions d'éclairage? Pensez aux exigences élevées du travail à l'écran.

Peut-on définir diverses zones avec des exigences d'éclairage différentes?

Estimez les possibilités d'utilisation de la lumière naturelle dans les bâtiments existants (→ F3). Définissez les conditions limites en cas de rénovation. Quelles conséquences découlent d'un éventuel changement d'affectation?

---

### Conditions à remplir

Une utilisation adéquate de la lumière naturelle dans un bâtiment augmente le bien-être et l'efficacité des utilisateurs.

Quelle importance faut-il accorder aux facteurs psychologiques dans le projet?

**Faites la différence entre la quantité de lumière (niveau d'éclairage) et la qualité de lumière.** Considérez parallèlement la consommation d'électricité pour l'éclairage artificiel. Comment estimez-vous le développement ultérieur du prix du courant?

---

### Buts à atteindre

Étudiez un concept pour une utilisation intensive de la lumière naturelle. Le but d'une utilisation rationnelle de la lumière naturelle n'est pas d'obtenir une grande quantité, mais une répartition agréable. Intégrez la lumière artificielle dans le projet.

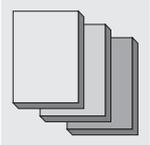
Définissez également les exigences imposées par le recours à la lumière naturelle en matière de protection contre l'éblouissement ou l'obscurcissement (→ A2).

**Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.**

A3



## 4 Utilisation active de l'énergie solaire



### A Programme

A4

#### CAPTEURS À AIR ET CAPTEURS-FENÊTRES

##### Situation initiale

**Évaluez les besoins de chaleur pour les locaux en dressant le profil particulier d'utilisation et de sa durée ainsi que les charges thermiques internes.**

Les bâtiments bien isolés avec des charges thermiques internes importantes ont des besoins de chauffage faibles voire insignifiants (p. ex. bureaux, unités de production, etc.).

Est-il possible d'adapter des capteurs à air et des capteurs-fenêtres sur des bâtiments existants (→ F4)? Définissez les conditions limites pour des bâtiments existants. Quelles conséquences découlent d'un éventuel changement d'affectation?

Étudiez les possibilités de subventionnement et d'encouragement à l'utilisation de l'énergie solaire.

##### Conditions à remplir

**Sur quels coûts actuels et futurs doit-on miser pour le projet?**

Ce genre de capteurs n'est généralement pas produit en série, mais peut être intégré de façon individuelle dans l'architecture. Informez-vous sur les exemples réalisés et les expériences faites ainsi que des modèles de rénovation.

Quelle est l'influence des capteurs-fenêtres, des capteurs à air et de leurs accumulateurs sur l'aspect architectural?

##### Buts à atteindre

Que doit-on obtenir? Quelles sont les exigences d'exploitation et de confort (variation admissible de température d'une pièce) exprimées par l'utilisateur?

Quelle part doit être assumée par l'utilisation passive (→ A3)?

Quel système de chauffage complémentaire doit être pris en compte pour la couverture des besoins particuliers en hiver (→ A5, A6)?

**Notez que les systèmes les moins complexes fonctionnent en général plus économiquement.**

Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.

Faites-vous conseiller à temps par un spécialiste expérimenté.

→ Compléments bibliographiques en page 66.

#### CAPTEURS SOLAIRES

Quels sont les besoins de chaleur (chauffage et eau chaude) durant la période de chauffage?

**Quels sont les besoins de chaleur (eau chaude) durant l'été? L'utilisation d'eau chaude se répartit-elle régulièrement sur toute l'année?**

Quand remarque-t-on les plus grandes interruptions d'utilisation d'eau chaude (fin de semaine, vacances, baisse saisonnière, etc.)?

Une piscine doit-elle être chauffée?

Étudiez la possibilité d'adapter des collecteurs solaires sur des bâtiments existants (→ F4). Définissez les conditions limites pour les bâtiments existants. Quelles conséquences découlent d'un éventuel changement d'affectation?

Étudiez les possibilités de subventionnement.

**Quels coûts actuels et futurs doivent-ils être pris comme base d'étude?**

L'utilisation de capteurs à liquide caloporteur convient aux constructions neuves comme aux bâtiments existants. On pourra avoir recours aux expériences de nombreuses installations de référence.

Le maître d'ouvrage est-il prêt à prendre en compte les coûts de l'environnement (p. ex. 0,3 fr./kg mazout)?

Prévoit-on un petit collecteur pour le chauffage de l'eau chaude? Cette installation sera-t-elle optimisée pour l'hiver ou pour l'été? Peut-on envisager une installation plus grande et plus chère pour l'eau chaude et le chauffage d'appoint?

Quelles sont les prétentions de confort? Peuvent-elles être réévaluées? Quelle est la température minimale de production d'eau chaude (soyez attentif à la salubrité de l'eau)?

**Notez que les systèmes les moins complexes fonctionnent généralement plus économiquement.**

Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.

Faites-vous conseiller à temps par un spécialiste en énergie et établissez un concept énergétique.

→ Compléments bibliographiques en page 66.

## CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

---

### Situation initiale

Quand doit-on utiliser l'énergie électrique?

En été? En hiver?

Etudiez la possibilité d'adapter des cellules photovoltaïques sur des bâtiments existants (→ F4).

Définissez les conditions limites pour les bâtiments existants. Quelles conséquences découlent d'un éventuel changement d'affectation?

Etudiez les possibilités de subventionnement.

---

### Conditions à remplir

Quels coûts actuels et futurs de l'énergie électrique doivent-ils être pris comme base d'étude? Souhaite-t-on une plus grande indépendance vis-à-vis du réseau électrique?

Comment la consommation d'électricité est-elle susceptible de diminuer? En général, il existe un potentiel important d'économie électrique, surtout dans les bâtiments existants. Réévaluez vos besoins. L'énergie économisée est l'énergie la plus avantageuse.

**Utilisez des appareils et de l'éclairage à basse consommation.**

---

### Buts à atteindre

Prévoit-on une installation raccordée au réseau? Une maison de vacances à l'écart du réseau doit-elle être dotée d'une installation autonome?

Existe-t-il un concept de réduction d'utilisation d'électricité pour les installations, les appareils et l'éclairage?

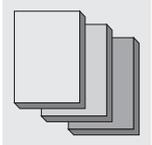
Comment dimensionner la production d'électricité?

**Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.**

A4



## 5 Utilisation de la chaleur de l'environnement et des rejets thermiques



### A Programme

#### POMPE À CHALEUR

##### Situation initiale

Quels sont les modes d'exploitation projetés? Une pompe à chaleur doit-elle être mise en service comme seul système de chauffage, en complément à l'utilisation d'énergie solaire (→ A3, A4) ou comme chauffage d'appoint pour l'entre-saisons? Etudiez la possibilité d'installer une pompe à chaleur lors du remplacement d'un système de chauffage (→ F5). Quelles conséquences découlent d'éventuels changements d'affectation? Etudiez les possibilités de subventionnement.

#### UTILISATION DIRECTE DES REJETS THERMIQUES

Dispose-t-on de rejets thermiques issus d'installations du bâtiment, artisanales ou industrielles? Le niveau de température permet-il une utilisation directe? Peut-on utiliser les rejets thermiques pour le préchauffage? Il faut étudier la possibilité d'utiliser les rejets thermiques ou la chaleur de l'environnement pour chaque installation neuve et lors du renouvellement d'installation du bâtiment (chauffage, aération, chauffage de l'eau, climatisation (→ A1, A2, F5). Il faut assurer la récupération de chaleur lors du remplacement d'un procédé industriel ou artisanal (→ F5).

## A5

##### Conditions à remplir

Il faut pouvoir disposer d'une source de chaleur tirée de l'environnement ou de rejets thermiques (disponibilité, autorisations, contrat d'exploitation).

**Cette source aura une puissance suffisante en période de chauffage et sera disponible durant toute l'année.** Plus le niveau de température de la source de chaleur est élevé, meilleur est le rendement. Si le niveau de température n'est pas suffisant pour garantir la couverture de toute la période de chauffage, il faut prévoir un chauffage complémentaire (installation mixte) pour les besoins de pointe ou pour la sécurité de ravitaillement.

Dispose-t-on d'une source de chaleur récupérable avec un niveau de température suffisant, qui peut être utilisée directement moyennant un échangeur de chaleur pour le chauffage et/ou pour l'eau chaude?

**Cette source aura une puissance suffisante en période de chauffage et sera disponible durant toute l'année.** Plus le niveau de température de la source de chaleur est élevé, meilleur est le rendement. On peut également envisager une utilisation à temps partiel ou un préchauffage avec un chauffage complémentaire.

##### Objectifs à atteindre

Quelles sources environnementales ou quels rejets thermiques doit-on prendre en considération? Comment faire fonctionner la pompe à chaleur (électricité, éventuellement gaz ou diesel pour des installations plus importantes)?

Doit-on étudier l'installation pour le chauffage et/ou pour l'eau chaude? Faut-il prévoir une installation mixte? Etudiez la possibilité d'utiliser une énergie renouvelable pour le chauffage d'appoint (→ A4, A6).

**Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.**

Comment profiter directement de la chaleur (ou du froid) et quelles sources de chaleur récupérables faut-il examiner?

Doit-on étudier l'installation pour le chauffage et/ou pour la production d'eau chaude? Faut-il prévoir une installation mixte?

Etudiez la possibilité d'utiliser une énergie renouvelable comme chauffage d'appoint (→ A4, A6).

**Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.**



### POÊLES INDIVIDUELS

#### Situation initiale

Quels sont les modes d'exploitation projetés?

**Prévoit-on des pièces avec des niveaux de température et des exigences de confort différents, éventuellement une utilisation à temps partiel?**

Doit-on installer un poêle individuel à bois comme seul système de chauffage en complément à l'utilisation de l'énergie solaire (→ A3, A4), comme système de chauffage d'appoint pour l'entre-saisons (complémentaire à un chauffage traditionnel) ou comme système de chauffage en complément à l'utilisation de la géothermie (→ A5)? Le recours au bois énergie doit également être étudié pour les bâtiments existants, que ce soit par l'installation de poêles pour le chauffage durant l'entre-saisons ou en cas de rénovation complète du système de chauffage (→ A6).

#### Conditions à remplir

**L'utilisateur est-il prêt à fournir le surcroît de travail occasionné par les poêles à remplissage manuel?**

Quel genre de bois les utilisateurs peuvent ou veulent employer (bûches d'un demi-mètre ou un tiers de mètre)?

Les poêles à bois à remplissage manuel engendrent de grosses fluctuations de températures, avec les risques de refroidissement considérable du bâtiment en cas d'absence prolongée comme les week-ends, les relâches, etc. (danger de gel).

#### Objectifs à atteindre

Définissez les exigences concernant le niveau de puissance, le surcroît de travail, les contraintes spatiales, les risques d'incendie, etc.

Fixez les conditions limites pour l'intégration de chauffage à bois dans des bâtiments ou des installations de chauffage existantes.

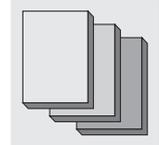
**Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.**

### CHAUFFAGE CENTRAL AU BOIS

**Le chauffage central est approprié pour des constructions de moyenne à grande importance (p. ex. chauffage à bûches automatique à partir de 20 kW et chauffage à plaquettes de bois à partir de 100 kW).**

Les systèmes centraux peuvent s'utiliser en tant que chauffage unique ou comme couverture des besoins de pointe en complément de systèmes de récupération de la chaleur de l'environnement et d'utilisation de l'énergie solaire (→ A3, A4, A5).

Etudiez l'utilisation d'un chauffage à bois lors du remplacement d'un chauffage conventionnel (→ F6).



A Programme

A6

Quel surcroît de travail peut-on attendre de l'utilisateur? L'option de remplissage et de contrôle automatique est-elle appropriée en regard des coûts d'investissements plus élevés pour un travail moindre et un confort accru? Se renseigner s'il n'existe pas de disposition légale régionale limitant les projets de chauffage à bois en vertu de l'Ordonnance sur la protection de l'air (OPair).

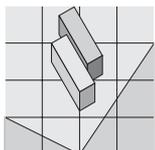
Définissez les exigences concernant le niveau de puissance, le type de combustible, le surcroît de travail, les contraintes spatiales, les risques d'incendie, le confort thermique, etc.

Définissez les conditions limites (besoin de place p. ex.) pour l'intégration de chauffages à bois dans des bâtiments ou des installations de chauffage existantes.

**Définissez des objectifs vérifiables et pondérez-les.**



# 1 Protection thermique hivernale



**B Situation**

## PERTES PAR TRANSMISSION

### Climat

Dans quelle zone climatique est située la parcelle?  
Quelles sont les températures extérieures durant la période hivernale?  
A quel niveau s'élève la moyenne annuelle des degrés/jour de chauffage (dj)?

## PERTES DE CHALEUR PAR AÉRATION

Quelle est la différence de température entre l'air extérieur et la température intérieure?  
Faut-il prendre en considération des situations de vent exceptionnelles?  
Quelle est la direction dominante du vent?

### Lieu d'implantation

**Quelles sont les normes d'isolation thermique à respecter? Quelles sont les conditions-cadres à appliquer lors de rénovation?** Etudiez si une isolation thermique supplémentaire se justifie à long terme du point de vue économique et écologique.  
Quelle est la densité des constructions? Dans une zone à forte densité de construction, la température extérieure peut s'élever de 1 à 2° au-dessus des données météorologiques. Le bâtiment est-il situé dans un vallon propice à la formation de poches d'air froid?

Existe-t-il des facteurs extérieurs qui entravent le renouvellement de l'air ambiant (bruit, odeurs, normes de sécurité, etc.)?  
Dans ces circonstances, le besoin d'air frais peut-il être couvert par une aération naturelle?  
Pourrait-on améliorer l'aération naturelle par une implantation et une orientation favorables du bâtiment?  
Pourrait-on améliorer les conditions dans les bâtiments existants avec des changements ou échanges d'affectation?  
Pourrait-on compenser des désavantages liés à l'implantation au moyen d'une installation de ventilation?

### Parcelle

Quelle est l'influence de la forme du terrain, des prescriptions légales de construction comme l'alignement et les distances aux limites de propriété, etc., sur les possibilités de construire des bâtiments compacts et orientés en direction du sud?  
Peut-on améliorer ces conditions au moyen du règlement de construction de zone, de rachats de parcelles ou de dérogations spéciales?  
Existe-t-il des allègements aux dispositions légales de construction lors d'assainissement thermique d'une construction?

La forme du terrain et la topographie contraind-elle à une construction exposée au vent?  
Le bâtiment peut-il bénéficier d'une protection naturelle contre le vent (p. ex. par la topographie, la végétation et des bâtiments existants)?

Faites-vous conseiller à temps par un spécialiste expérimenté et établissez un concept énergétique.

Faites-vous conseiller à temps par un spécialiste expérimenté et établissez un concept énergétique.

→ Compléments bibliographiques en page 62.

→ Compléments bibliographiques en page 62.



### CHARGES THERMIQUES

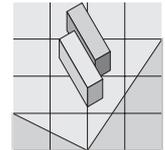
#### Climat

Dans quelle zone climatique est située la parcelle? Quel est le climat estival? Quelles sont les charges thermiques extérieures maximales? Quelles sont les fluctuations de la température extérieure? Relevez également ces valeurs pour l'entre-saisons.

**Des charges thermiques intérieures élevées peuvent conduire à des problèmes de surchauffe durant toute l'année.**

### REFROIDISSEMENT NATUREL

Comment faut-il apprécier les conditions de vent? Faut-il s'attendre à un radoucissement local du climat estival?



B Situation

#### Implantation

Peut-on exploiter des possibilités naturelles d'ombrage par la topographie, les bâtiments existants et l'arborisation?

**Existe-t-il des facteurs extérieurs qui entravent l'aération naturelle (émissions sonores, odeurs, poussière, normes de sécurité, etc.)?**

Pour couvrir les besoins d'air frais, une installation de ventilation est-elle recommandable ou impérative? Dans quelle mesure une installation sans refroidissement peut-elle garantir le confort thermique durant l'été? Quels systèmes de refroidissement sont écologiquement et énergétiquement défendables?

Peut-on capter des sources de refroidissement naturel (p. ex. par le prérafraîchissement de l'air dans le sol → B5)? Les avantages d'une installation de ventilation s'exercent-ils en hiver également (p. ex. récupération de la chaleur, → D1, B5)?

#### Orientation

Il faut prendre en compte les risques de surchauffe due au rayonnement solaire pour les locaux à rejets thermiques importants.

**La position du soleil l'après-midi sur les façades sud-ouest et nord-ouest est à observer particulièrement.**

Comment juger l'orientation des bâtiments existants?

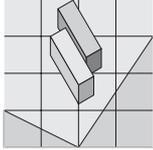
Choisissez si possible un lieu d'implantation qui permette l'aération naturelle. On peut améliorer ces possibilités d'aération avec une bonne orientation du bâtiment. L'effet de refroidissement augmente avec des ouvertures transversales (courant d'air).

Pourrait-on améliorer les conditions dans des bâtiments existants avec des changements ou échanges d'affectation?

Pourrait-on compenser des désavantages locaux au moyen d'une installation de ventilation?



## 3 Utilisation de l'énergie solaire passive



B Situation

### GAINS DIRECTS

#### Climat

Dans quelle zone climatique est située la parcelle?  
Quelle est la durée de l'ensoleillement répartie sur toute l'année?  
Est-on confronté à du brouillard ou à des stratus?  
Y a-t-il principalement du brouillard matinal (c'est-à-dire sud-est moins ensoleillé que sud-ouest)? Connaît-on la moyenne annuelle des degrés/jour de chauffage?

### ESPACES TAMPONS

Dans quelle zone climatique est situé le terrain? Quelles températures faut-il prévoir pour l'hiver et l'été? Quelle est la durée de l'ensoleillement répartie sur toute l'année? Les conditions de vent peuvent-elles concourir au refroidissement estival? Selon les conditions de vent, pourrait-il être judicieux d'installer un sas? Y a-t-il du brouillard ou des stratus?

#### Implantation

##### Quelles sont les conditions d'ensoleillement à l'endroit prévu pour la construction du bâtiment?

L'ensoleillement hivernal est-il modifié par la topographie, les bâtiments existants et/ou la végétation?  
Faites une analyse d'ensoleillement (diagramme d'ombre).  
Faut-il tenir compte des nuisances dues au bruit et de questions de protection de la vue?  
Y a-t-il un point de vue privilégié?  
Faut-il se plier à des prescriptions de construction de type urbain?  
Ces questions s'opposent-elles à une possible orientation sud du bâtiment?

Quelles sont les conditions d'ensoleillement à l'endroit prévu pour la construction du bâtiment?

L'ensoleillement hivernal est-il modifié par la topographie, les bâtiments existants et/ou la végétation?  
Faut-il tenir compte des nuisances dues au bruit et de questions de protection de la vue? Y a-t-il un point de vue privilégié?  
Faut-il se plier à des prescriptions de construction de type urbain? Y a-t-il à proximité des zones humides ou des cours d'eau (insectes)?  
Tenez compte des règlements de construction concernant les distances et les prescriptions d'exploitation.

#### Orientation

**Orientez le bâtiment en direction du sud (sud-est à sud-ouest).** Le gain d'énergie solaire pendant la période de chauffage est décisif.  
Comment apprécier l'orientation de bâtiments existants?

Pour quelle utilisation l'espace tampon est-il prévu? Pour une longue durée et une bonne exploitation de l'énergie solaire, une orientation sud-est à sud-ouest est judicieuse. Comment apprécier l'orientation des bâtiments existants?  
Des orientations différentes limitent la durée d'exploitation, mais peuvent se révéler efficaces contre les émissions de bruit.  
L'orientation nord des espaces tampons avec une fonction d'ouverture (sas ou arcades) est envisageable.  
L'orientation côté vent peut-elle concourir au refroidissement en été (hiver, → B1)?

**Tenez compte des charges thermiques estivales dans le cas de cours intérieures (atrium) protégées par des verrières (→ B2).**

Faites-vous conseiller à temps par un spécialiste expérimenté et établissez un concept énergétique.

→ Compléments bibliographiques en page 64.

Faites-vous conseiller à temps par un spécialiste expérimenté et établissez un concept énergétique.

→ Compléments bibliographiques en page 64.

## UTILISATION DE LA LUMIÈRE NATURELLE

---

### Climat

Les niveaux saisonniers d'éclairement sont-ils connus?

**Quelles sont les conditions de luminosité dominantes et déterminantes pour l'étude (ciel couvert ou clair)?**

Différenciez les qualités de lumière selon l'orientation du ciel (lumière directe ou diffuse).

---

### Implantation

Quelles sont les conditions d'ensoleillement à l'emplacement prévu pour la construction du bâtiment?

L'incidence de la lumière sera-t-elle modifiée par la topographie, les bâtiments existants et la végétation?

Un environnement extérieur clair ou un plan d'eau contribue-t-il à une réflexion lumineuse accrue? Comment estimez-vous les risques de pollution par l'industrie, le trafic routier et le trafic ferroviaire?

---

### Orientation

Tenez compte de l'influence de la qualité de la lumière lors de l'orientation du bâtiment. L'orientation nord-est est connue pour une diffusion régulière de la lumière, puisque l'ensoleillement direct est exceptionnel.

Lors d'une orientation est et ouest, le soleil est bas sur l'horizon le matin et le soir; tenez compte des éblouissements qui peuvent survenir (→ B2).

Comment apprécier l'orientation de bâtiments existants?

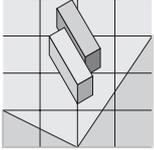
**Tenez compte des conflits d'objectifs qui peuvent intervenir entre la volonté d'exploiter les gains directs et les besoins de protection solaire hivernale et estivale (→ B1, B2).**

Adressez-vous à temps pour les questions complexes à un spécialiste expérimenté pour un conseil.

→ Compléments bibliographiques en page 65.



## 4 Utilisation de l'énergie solaire active



B Situation

### CAPTEURS À AIR ET CAPTEURS-FENÊTRES

#### Climat

Dans quelle zone climatique est située la parcelle? Quelle est la durée annuelle moyenne d'ensoleillement? Faut-il compter avec du brouillard ou des stratus? De fréquents brouillards matinaux sont préjudiciables à une orientation sud-est.

### CAPTEURS SOLAIRES

Dans quelle zone climatique est située la parcelle? Quelle est la durée annuelle moyenne d'ensoleillement? Faut-il compter avec du brouillard ou des stratus? De fréquents brouillards matinaux sont préjudiciables à une orientation sud-est.

#### Implantation

##### Quelles sont les conditions d'ensoleillement à l'emplacement prévu pour la construction du bâtiment?

L'ensoleillement hivernal est-il modifié par la topographie, les bâtiments existants et/ou la végétation? Établissez un diagramme d'ensoleillement. Comment appréciez-vous les risques de pollution dus à l'industrie, au trafic routier et ferroviaire?

##### Comment se présentent les conditions d'ensoleillement à l'emplacement prévu pour la construction du bâtiment?

L'ensoleillement est-il modifié par la topographie, les bâtiments existants et/ou la végétation? Établissez un diagramme d'ensoleillement pour une année. Tenez compte de la hauteur moyenne de neige pour choisir l'emplacement des capteurs sur les toits.

#### Orientation

**Orientez les surfaces des capteurs en direction sud-est à sud-ouest.** Les capteurs à air seront intégrés aux parties opaques des façades, ils s'adaptent bien aux plans orientés est-ouest.

Les capteurs-fenêtres doivent être intégrés aux parties transparentes des façades et sont indiquées sur les plans orientés nord-sud.

Les capteurs-fenêtres offrent une possibilité idéale de réaliser des façades entièrement vitrées, avec une utilisation maximale de la lumière naturelle (→ B3, p. ex. pour une bonne insolation des bâtiments étroits, disposés en lignes et orientés au sud).

Existe-t-il des possibilités d'intégration de capteurs-fenêtres ou à air sur des bâtiments existants dont les façades sont orientées au sud?

**Disposez le bâtiment sur le terrain de manière à pouvoir orienter les capteurs en direction du sud.**

**Évitez que les capteurs soient recouverts par l'ombre en été ou en hiver.** Les surfaces de toits ou les façades dégagées orientées au sud des bâtiments existants se prêtent-elles à l'intégration de capteurs solaires? De petites déviations par rapport au sud réduisent les rendements potentiels, mais dans des limites acceptables. Les capteurs peuvent être également disposés à même le sol sur un terrain sans ombre.

Adressez-vous à temps pour les questions complexes à un spécialiste expérimenté pour un conseil.

→ Compléments bibliographiques en page 66.

Adressez-vous à temps pour les questions complexes à un spécialiste expérimenté pour un conseil.

→ Compléments bibliographiques en page 66.

## CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

---

### Climat

Dans quelle zone climatique est située la parcelle?  
Quelle est la durée annuelle moyenne d'ensoleillement?  
Faut-il compter avec du brouillard ou des stratus? De fréquents brouillards matinaux sont préjudiciables à une orientation sud-est.

---

### Implantation

#### **Quelles sont les conditions d'ensoleillement à l'emplacement prévu pour la construction du bâtiment?**

L'ensoleillement en hiver et/ou en été est-il modifié par la topographie, les bâtiments existants et/ou la végétation?  
Comment appréciez-vous les risques de pollution par l'industrie, le trafic routier et trafic ferroviaire?  
Quelle est la structure du tarif d'électricité des compagnies d'électricité locales? Le raccordement au réseau électrique est-il garanti? Elucidez les conditions de raccordement et de reprise (restitution de l'excédent de production dans le réseau) auprès de la compagnie d'électricité de la région.

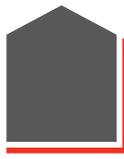
---

### Orientation

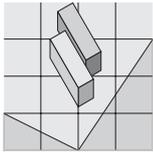
**Disposez le bâtiment sur le terrain de manière à pouvoir orienter les cellules en direction du sud sans qu'ils soient recouverts par l'ombre en été ou en hiver.** De petites déviations par rapport au sud réduisent le rendement potentiel, mais dans des limites acceptables. Les surfaces des toits ou les façades non ombragées orientées au sud des bâtiments existants se prêtent-elles au montage de cellules photovoltaïques?

Adressez-vous à temps pour les questions complexes à un spécialiste expérimenté pour un conseil.

→ Compléments bibliographiques en page 67.



## 5 Utilisation de la chaleur de l'environnement et des rejets thermiques



B Situation

### POMPE À CHALEUR

#### Air

L'air extérieur est disponible partout et de ce fait aisé à mettre en valeur. Prenez garde au bruit lors de l'aspiration de l'air. **Pendant les périodes de basses températures extérieures, les performances de l'installation diminuent, c'est pour cette raison qu'il faut prévoir une installation bivalente.** L'utilisation d'une source géothermique peut élever la température en dessus du point de gel (moins de pertes de dégel). Une utilisation de récupération de chaleur est-elle envisageable (l'air préchauffé des espaces tampons, → B3; garages, etc.)? Quel est le niveau de la température? La disponibilité pendant la période de chauffage est-elle assurée sans discontinuer?

#### Eau

Existe-t-il des cours d'eau, lacs ou nappes phréatiques, des eaux usées ou eaux de refroidissement disponibles à proximité immédiate? Quel rendement peut-on envisager durant la période de chauffage?

Pour 1 kW de puissance de chauffage, on doit pouvoir disposer de 150–300 l/h d'eau. Prenez contact le plus tôt possible avec les autorités qui accordent la concession.

Une utilisation de rejets thermiques comme les eaux usées «plus ou moins propres» ou des eaux de refroidissement est-elle possible?

Étudiez la disponibilité, la constance, le niveau de température et les conditions de fourniture.

#### Géothermie

Étudiez les possibilités de l'utilisation de la géothermie. Des **capteurs géothermiques** (env. 1 m sous la surface) sont indiqués pour des bâtiments plutôt petits. Il faut prévoir une surface d'environ 42 m<sup>2</sup> par kW de puissance de chaleur. Leur performance dépend fortement de la nature du sous-sol et de la nappe phréatique. Des **sondes terrestres** (jusqu'à 50–100 m sous la surface) se prêtent également à de petits bâtiments. Une longueur de sonde d'environ 15 m est nécessaire pour une puissance de 1 kW de chauffage. Le couplage des sondes terrestres à l'énergie solaire est tout indiquée (→ B4).

Adressez-vous à temps pour les questions complexes à un spécialiste expérimenté pour le conseil et l'élaboration d'un concept énergétique

→ Compléments bibliographiques en page 68.

### UTILISATION DIRECTE DES REJETS THERMIQUES

**La récupération de chaleur dans les installations de ventilation est le procédé le plus répandu d'utilisation des rejets thermiques. Elle est obligatoire dans de nombreux cantons.** Peut-on disposer de l'air pulsé des procédés de fabrication industrielle et artisanale?

Les eaux usées issues de grandes installations de nettoyage sont-elles disponibles pour un préchauffage direct de l'eau propre? La chaleur produite par une installation de refroidissement ou un procédé de fabrication artisanale ou industrielle peut-elle être utilisée pour le préchauffage de l'eau?

L'eau de refroidissement est partiellement utilisable pour des chauffages à basse température.

Les sources géothermiques situées p. ex. sous les fondations des bâtiments sont utilisables en hiver pour préchauffer l'amenée d'air (→ A1) et en été pour la rafraîchir (→ A2). La constitution du sol et la situation de la nappe phréatique jouent un rôle important pour l'utilisation de leurs ressources.

Une utilisation directe est possible si les eaux thermales ou des profondeurs sont suffisamment élevées. Des échangeurs thermiques spéciaux sont nécessaires pour les sources souvent fortement minéralisées.

Adressez-vous à temps pour les questions complexes à un spécialiste expérimenté pour le conseil et l'élaboration d'un concept énergétique

→ Compléments bibliographiques en page 68.

## 6 Chauffages au bois



### POÊLES INDIVIDUELS

#### Approvisionnement

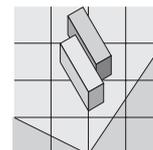
**L'approvisionnement en bois de chauffage de bonne qualité est-il assuré?** Existe-t-il des possibilités d'approvisionnement spéciales? La distance de transport devrait être la plus courte possible (< 10 km).

Un lieu de stockage favorise des prix avantageux à l'achat et une plus grande sécurité d'approvisionnement. Pour chauffer, il faudrait se servir exclusivement de bois sec, c'est-à-dire stocké (à l'abri) pendant au moins 2 ans. La consommation annuelle en bûches de hêtre est d'env. 0,8–1 stère pour 10 m<sup>2</sup> de surface habitable (une bonne isolation thermique est nécessaire).

### CHAUFFAGE CENTRAL

**Sous quelle forme (morceaux ou plaquettes) et à quel degré de séchage le combustible est-il à disposition dans les environs?** Quelle est la situation des prix?

Selon le combustible, un stockage de 1–2 années doit être garanti. Quelle capacité de stockage existe-t-il sur le terrain? Consommation annuelle en plaquettes de hêtre env. 1,5–2 m<sup>3</sup>/10 m<sup>2</sup> de surface habitable (une bonne isolation thermique est nécessaire). L'approvisionnement est-il garanti même pendant une période de froid inhabituellement longue? Peut-on conclure un contrat de livraison avec une exploitation forestière pas trop éloignée?



B Situation

#### Viabilité

**Il doit être possible d'atteindre le lieu de stockage avec des véhicules. L'approvisionnement depuis le dépôt jusqu'aux fourneaux doit être aisé pour l'utilisateur.**

Le lieu du stockage doit être sec et à l'abri des intempéries.

Évitez que les parasites n'attaquent les structures en bois du bâtiment.

Quelles sont les conditions pour les bâtiments existants? Les conditions peuvent-elles être améliorées moyennant une dépense convenable?

**La capacité minimale de stockage pour un chauffage central de grande taille devrait être garantie pour 2 semaines minimum (au cœur de l'hiver).**

Le lieu de stockage sec doit être facilement accessible aux grands véhicules (min. 18 m de rayon de braquage). Le silo à plaquettes est ravitaillé directement par le véhicule depuis le sommet. Le remplissage automatique ou manuel vers la chaudière, du silo ou du lieu de stockage devrait être possible sans difficultés.

Les conditions de viabilité et les possibilités de stockage peuvent-elles être garanties ou modifiées dans les bâtiments existants?

#### Choix du système

De quel ordre de grandeur est le besoin d'énergie de chauffage? (SIA 380/1). La puissance des fourneaux est-elle établie pour des pièces isolées ou groupées?

Quel système de poêles correspond aux besoins? Un poêle réfractaire, une cuisinière à bois, un poêle de chambre ou une cheminée à circuit d'air chaud? **Les cheminées à feu ouvert ne conviennent pas pour le chauffage.** Informez-vous, le choix est vaste et varié.

Étudiez les possibilités de production d'eau chaude. Quelles sont les conditions supplémentaires à prendre en considération pour les bâtiments existants?

**Doit-on ou peut-on couvrir les besoins de chaleur (selon SIA 380/1) pour toute la saison de chauffage?** Un système de chauffage supplémentaire est-il à prévoir? Un remplissage manuel ou automatique est-il plus judicieux?

Définissez les exigences de sécurité d'approvisionnement, la capacité de stockage et les tâches y relatives. Comment sera réglée la production d'eau chaude (hiver et été), par ex. avec de l'énergie solaire (→ A4)?

Examinez la viabilité des surfaces à disposition.

Quelles sont les autres conditions à prendre en considération pour les bâtiments existants?

Adressez-vous à temps à un spécialiste expérimenté en chauffage à bois.

→ Compléments bibliographiques en page 69.

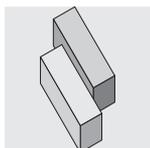
Adressez-vous à temps pour les questions complexes à un spécialiste expérimenté pour le conseil et l'élaboration d'un concept énergétique

→ Compléments bibliographiques en page 69.

B6



# 1 Protection thermique hivernale



**C Corps des bâtiments**

## PERTES PAR TRANSMISSION

### Volume des bâtiments

**Choisissez la forme de bâtiment la plus compacte possible.** Essayez de lier ensemble les volumes de bâtiments le plus judicieusement possible.

Des formes de bâtiments compliquées ont tendance à créer des ponts thermiques et entraînent des coûts élevés.

Tenez compte de l'exploitation intensive de la lumière naturelle (→ C3) lors de la conception du bâtiment.

Comparez le rapport de la surface de l'enveloppe du bâtiment à la surface de référence énergétique des différentes variantes de projet.

## PERTES PAR AÉRATION

Évitez les grands volumes à plusieurs étages (excepté les espaces tampons non chauffés (→ C3)). La poussée thermique verticale augmente les différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur et provoque des pertes élevées de chaleur par l'aération.

Notez bien que les cages d'escalier et les cages d'ascenseur doivent également avoir une ouverture vers le haut pour des raisons techniques et provoquent un effet de cheminée en évacuant l'air des pièces chauffées attenantes.

### Création de zones

**Groupez en plans et coupes des espaces et des types d'utilisation avec des besoins de température similaires.** Tenez compte, pour l'organisation de ces zones, des baisses de températures de l'intérieur vers l'extérieur.

Positionnez les espaces non chauffés en espaces tampons à la périphérie. Peut-on adapter l'utilisation des bâtiments existants en vue d'une répartition thermique judicieuse?

L'utilisation de l'énergie solaire passive et de la lumière naturelle intensive est également importante pour la distribution des espaces (→ C3).

Prenez des mesures afin que les espaces chauffés différemment soient séparés entre eux par d'épaisses portes étanches.

Si le confort climatique doit être garanti moyennant une installation de ventilation, il est indiqué, énergétiquement et économiquement, de grouper des espaces aux exigences de confort identiques.

**C1**

Adressez-vous à temps pour les questions complexes à un spécialiste expérimenté pour le conseil et l'élaboration d'un concept énergétique



### CHARGES THERMIQUES

#### Création de zones

**Evitez de placer des espaces ayant des charges thermiques internes ou des exigences de confort élevées le long des façades orientées sud-ouest à nord-ouest, évent. est.**

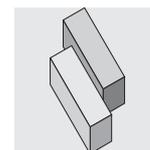
Evitez, si possible, l'ensoleillement direct pour l'occupation d'espaces ayant des charges thermiques ou des exigences de confort élevées.

Tenez compte du besoin de lumière naturelle (→ C3) et des possibilités d'aération naturelle (→ C1) dans les pièces. Dans les bâtiments existants, l'adaptation de l'utilisation peut-elle aboutir à une répartition de zones plus judicieuse?

### REFROIDISSEMENT NATUREL

Les espaces placés au centre ou dans les sous-sol des bâtiments épais ont un climat agréable en été.

Les espaces situés près des façades abritées du soleil peuvent profiter d'une meilleure aération naturelle plus efficace. Si le confort climatique doit être garanti moyennant une installation de ventilation, il est indiqué, énergétiquement et économiquement, de grouper des espaces aux exigences de confort identiques.



**C Corps des bâtiments**

#### Orientation

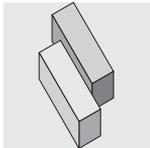
Les corps de bâtiment ne sont pas seulement à optimiser (→ C3) au point de vue du gain direct en hiver et de l'éclairage par la lumière naturelle, mais aussi par rapport à la protection solaire. Des mesures de protection solaire ne sont pas nécessaires du côté des façades nord, cependant tenez compte de l'éblouissement à certaines heures.

**Des verrières en biais ou verticales occasionnent de grandes charges thermiques en été. C'est pourquoi, il faut prévoir des possibilités d'ombrage suffisantes.**

Les bâtiments étroits permettent la ventilation transversale – lorsque cela s'avère réalisable au niveau de l'exploitation – et favorisent l'utilisation de la lumière naturelle (→ C3)



## 3 Utilisation de l'énergie solaire passive



C Corps des bâtiments

### GAINS DIRECTS

#### Création de zones

Orientez, en direction du soleil, les espaces nécessitant un besoin de chaleur élevé.

Disposez les espaces ayant un besoin de chaleur réduit dans les étages inférieurs des bâtiments.

Ne faites pas uniquement cette distribution en plan, mais également en coupe. **La répartition des plans et des coupes en différents niveaux peut-elle améliorer l'exploitation de l'énergie solaire?** En créant des jours zénithaux, vous apportez la chaleur du soleil au cœur du bâtiment. Une adaptation de l'utilisation des bâtiments existants peut-elle améliorer les conditions?

### ESPACES TAMPONS

Les espaces tampons s'intègrent idéalement dans le concept de zones thermiques. **Ils créent une zone climatique intermédiaire à la périphérie des bâtiments et diminuent, lors d'une utilisation adéquate, les pertes thermiques du bâtiment principal.** Quelles sont les possibilités pour des bâtiments existants? Prévoyez une séparation nette avec isolation thermique entre l'espace non chauffé et le bâtiment principal chauffé.

#### Choix du système

Que faire pour rendre l'énergie solaire utilisable sous forme de chaleur dans les locaux? Quel est le profil des charges thermiques intérieures? **Les fenêtres orientées vers le sud doivent-elles laisser pénétrer le rayonnement solaire directement à l'intérieur du bâtiment?**

Faut-il recourir à une deuxième paroi de verre extérieur (système de façade double), créer un espace tampon? L'emploi d'une isolation thermique transparente est-elle possible et utile?

Avec quelles mesures peut-on augmenter le degré d'exploitation de l'énergie solaire des bâtiments existants? Comment faut-il couvrir le surplus de besoin thermique (→ A4, A5, A6)? Le chauffage des locaux réagit-il rapidement aux changements de température?

Quelle est l'utilité de l'espace tampon? Quelles sont les conditions d'utilisation à remplir? Quelle doit être sa contribution au bilan thermique? Jardin d'hiver, balcon et l'atrium vitrés sont-ils des solutions envisageables?

**Si l'exploitation de l'énergie solaire est une préoccupation majeure, l'utilisation de l'espace sera restreinte temporairement pour des raisons de confort (température de la pièce).** Dans ce cas, il faudra étudier des solutions avec des capteurs-fenêtres ou à air (→ A4).

Tenez compte des prescriptions contre l'incendie en cas de création de grands atriums vitrés.

#### Disposition des ouvertures

**Disposez les ouvertures de fenêtres de préférence sur la façade sud.**

Les surfaces vitrées sont à limiter sur les façades est et ouest. Sur la façade nord, il faut les réduire au strict minimum.

Étudiez les protections solaires nécessaires en été lors de l'utilisation de l'isolation translucide (excepté l'orientation au nord).

Comment appréciez-vous la proportion des surfaces vitrées sur les bâtiments existants et comment pouvez-vous intervenir?

Quel est le confort thermique souhaitable et quelles sont les fluctuations de température admissibles?

Plus un espace tampon est intégré dans le corps du bâtiment, plus ses fluctuations thermiques seront faibles et son utilisation favorable.

**Des vitrages inclinés et horizontaux donnent lieu à des constructions onéreuses et compliquées et créent des charges thermiques supplémentaires en été (→ C2, D2).**

Comment se présente le lien avec le bâtiment principal du point de vue de la lumière et de l'aération (→ C3, C1)?

Crée-t-on des espaces qui ne peuvent être aérés qu'à travers l'espace tampon (→ D1), ce qui n'est pas judicieux et qui est interdit dans certains cantons.

Si vous optez pour une isolation thermique translucide ou un système de façade double, adressez-vous dès la première phase de projet à un spécialiste expérimenté qui saura vous conseiller.

→ Compléments bibliographiques en page 64.

→ Compléments bibliographiques en page 64.

## UTILISATION DE LA LUMIÈRE NATURELLE

---

Tenez compte de la pénétration réduite de la lumière naturelle dans une pièce. Des bâtiments étroits favorisent l'utilisation de la lumière naturelle.

La forme compacte des bâtiments augmente la protection thermique hivernale (→ C1).

**Disposez toutes les pièces où l'on a besoin de lumière naturelle à la périphérie des bâtiments.**

Une adaptation de l'utilisation des bâtiments existants peut-elle améliorer le recours à la lumière naturelle? Des zones intérieures peuvent-elles être éclairées d'en haut par la lumière naturelle?

---

### Choix du système

De quelle manière, tenant compte des conditions posées, peut-on arriver à la meilleure exploitation de la lumière naturelle? Les vitrages dans la façade ou sur le toit sont-ils judicieux et suffisants? Tenez compte de la protection thermique estivale (→ C2).

Des cours intérieures vitrées peuvent-elles améliorer les conditions de lumière naturelle dans les niveaux inférieurs?

**Etudiez également l'utilisation d'éléments réflecteurs et qui guident la lumière.**

On peut améliorer l'exploitation de la lumière naturelle, lors d'une rénovation, avec des mesures simples (p. ex. tablettes de fenêtres claires et peinture claire des pièces).

---

### Disposition

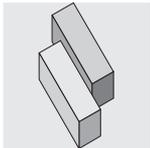
De quelle manière la lumière naturelle peut-elle être conduite le plus loin possible à l'intérieur du bâtiment? Où faut-il disposer les éléments qui guident la lumière? Tenez compte des risques d'encrassement dans le cas d'une utilisation extérieure. Prenez des mesures de protection contre l'éblouissement de ces éléments (→ D2). Tenez compte des dangers de surchauffe dus aux vitrages inclinés et horizontaux (→ C2).

Si vous optez pour l'utilisation d'éléments réfléchissants, adressez-vous dès la première phase de projet à un spécialiste expérimenté qui saura vous conseiller.

→ Compléments bibliographiques en page 65.



## 4 Utilisation de l'énergie solaire active



### C Corps des bâtiments

#### CAPTEURS À AIR ET CAPTEURS-FENÊTRES

##### Choix du système

Quel est l'ordre de grandeur du surplus de besoin de chaleur (besoins d'énergie de chauffage selon SIA 380/1)? Faut-il utiliser des capteurs à air ou des capteurs-fenêtres? Une combinaison des deux peut être une bonne solution. Quels éléments du capteur faut-il prévoir (vitrage, absorbeur mobile ou fixe, protection solaire, etc.)? Quelle solution envisagez-vous pour le stockage de chaleur (plafond ou mur accumulateur, sol EG à la place de la cave)? Comment l'air chauffé est-il transporté depuis le capteur jusqu'à l'accumulateur (recours à une énergie appropriée)?

Dans les bâtiments existants, les possibilités d'accumulation thermique et d'amenée d'air sont à étudier particulièrement. Avec quel système de chauffage peut-on couvrir les besoins de pointe (→ A5, A6)?

##### Dimensionnement

Les capteurs à air et capteurs-fenêtres ne fonctionnent bien que comme systèmes intégrés au bâtiment. Les programmes de simulation thermique pour les bâtiments permettent de trouver des éléments de solution et rassemblent les différents composants en un système global optimal. Tenez compte, lors de leur utilisation dans des bâtiments existants, de performances restreintes.

#### CAPTEURS SOLAIRES

Définissez en premier si l'installation de capteurs est destinée à l'exploitation de l'eau chaude et/ou comme appoint au système de chauffage. Si un chauffage d'appoint est désiré, les conditions économiques et techniques doivent être examinées soigneusement.

Lors du choix du système de chauffage d'appoint, pensez également au chauffage à bois, à l'utilisation de la chaleur de l'environnement et au préchauffage (→ A5, A6). Choisissez le type de capteur (plat, vacuum ou tuyau, etc.) le mieux adapté à vos besoins.

Il faut prévoir environ 1–2 m<sup>2</sup> de surface de capteur par personne pour le chauffage de l'eau chaude, et env. 1,5 m<sup>2</sup> pour 10 m<sup>2</sup> de surface habitable pour le chauffage d'appoint (une bonne isolation de l'enveloppe du bâtiment est nécessaire).

Mandez les spécialistes pour optimiser l'installation selon les critères économiques et techniques.

## C4

##### Disposition

**Les capteurs-fenêtres intégrés aux grandes surfaces vitrées et orientés vers le sud ont une grande utilité énergétique.** Comment peut-on intégrer les capteurs à air vitrés aux parois opaques tout en respectant l'aspect architectural?

Lors de rénovation du bâtiment, les capteurs vitrés changent l'aspect habituel du bâtiment. Intégrez les surfaces vitrées à la forme des façades. Les capteurs sont à placer le plus près possible des accumulateurs. Le canal d'air doit être le plus court possible, mais doté d'une grande section.

Les capteurs peuvent être placés sur le toit, sur les façades ou dans l'environnement immédiat.

Les éléments des capteurs peuvent-ils assumer des fonctions architecturales (p. ex. comme avant-toit)?

Pour le chauffage de l'eau chaude, l'orientation sud ( $\pm 50^\circ$ ) et l'inclinaison entre 25–60° sont optimales. Le chauffage d'appoint demande une direction précise vers le sud ( $\pm 30^\circ$ ) et une inclinaison de 35–60°.

Des capteurs en façades (90°) peuvent également être utiles. Lorsque l'orientation optimale n'est pas possible pour des bâtiments existants, voyez si les pertes de rendement sont tolérables économiquement. Déterminez la surface de capteur maximale qu'il est possible d'intégrer.

Adressez-vous dès la phase de l'avant-projet à un spécialiste expérimenté pour conseil et étude.

Adressez-vous dès la phase de l'avant-projet à un ingénieur expérimenté pour conseil et étude.

## CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

---

### Choix du système

Quelles sont les exigences imposées au système? L'installation est-elle prévue pour être raccordée au réseau ou pour fonctionner de manière autonome?

Examinez la mise en service d'un accumulateur pour une plus grande indépendance. Tenez également compte des aspects écologiques.

Informez-vous sur l'offre des cellules photovoltaïques sur le marché. Quelles sont les grandeurs de panneaux disponibles? L'industrie offre une large gamme de cellules photovoltaïques aux aspects, formats et performances fort divers. Examinez les différentes caractéristiques en fonction de l'utilisation prévue.

---

### Dimensionnement

Quelle est la grandeur des surfaces de cellules photovoltaïques à intégrer? On peut compter sur un rendement annuel d'électricité d'env. 100 kWh/m<sup>2</sup> (selon la situation et l'orientation). Environ 30 m<sup>2</sup> de cellules couvrent les besoins d'électricité d'un ménage économe (sans chauffage de l'eau chaude). Mandatez les spécialistes pour optimiser l'installation selon les critères économiques et techniques. Il faut tenir compte des paramètres suivants: besoins d'électricité, type et surfaces des cellules photovoltaïques, orientation, inclinaison, capacité des accumulateurs, raccordement au réseau, etc.

---

### Disposition

Les cellules photovoltaïques peuvent être placées sur le toit, sur les façades ou dans l'environnement immédiat. Les cellules photovoltaïques peuvent-elles assumer des fonctions architecturales, telles que avant-toit, éléments de protection solaire, etc.?

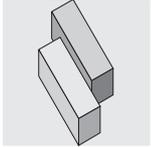
L'orientation sud ( $\pm 30^\circ$ ) et l'inclinaison d'env. 30–45° sont optimales. Les éléments peuvent également être intégrés verticalement (90°) dans les façades, mais devraient alors présenter une orientation plus optimale par rapport au sud ( $\pm 15^\circ$ ). Lorsque ce n'est pas possible pour des bâtiments existants, voyez si les pertes de rendement sont tolérables économiquement.

Adressez-vous dès la phase de l'avant-projet à un ingénieur expérimenté pour conseil et étude.

→ Compléments bibliographiques en page 67.



## 5 Utilisation de la chaleur de l'environnement et des rejets thermiques



### C Corps des bâtiments

#### POMPE À CHALEUR

##### Choix du système

De quel ordre de grandeur sont les besoins d'énergie de chauffage (selon SIA 380/1)? L'installation est-elle destinée au chauffage et/ou pour l'eau chaude? La puissance, le niveau de température et la disponibilité de la source de chaleur permettent-ils de projeter une installation monovalente (pompe à chaleur seule) ou une installation bivalente?

L'exploitation électrique est-elle admise? Pour de plus grandes installations, un moteur à gaz ou à mazout peut entrer en considération (le réseau de gaz est-il disponible?) Les installations sont-elles conformes aux normes de protection de l'air (certificat de test)?

Pour le chauffage de l'eau (niveau de température élevé), une installation complémentaire est éventuellement à envisager (p. ex. capteur solaire (→ A4), ou éventuellement. un préchauffage par la chaleur de l'environnement.

##### Disposition

La pompe à chaleur devrait être placée le plus près possible de la source de chaleur.

Tenez compte des besoins en espace, étudiez si, pour des raisons économiques (coût de l'électricité ou disponibilité périodique de la source de chaleur), un accumulateur serait utile.

Quel système d'appoint sera choisi pour une installation bivalente et quel est son besoin de place (p. ex. chauffage au bois → C6)?

Prévoyez l'installation d'une cheminée en cas d'option gaz ou mazout. Dans les bâtiments existants, les pièces sont-elles suffisamment spacieuses?

#### UTILISATION DIRECTE DES REJETS THERMIQUES

De quel ordre de grandeur sont les besoins d'énergie de chauffage selon SIA 380/1? L'installation est-elle destinée au chauffage et/ou pour l'eau chaude? La puissance, le niveau de température et la disponibilité de la source de récupération permettent-ils d'envisager une exploitation monovalente? Faut-il prévoir un chauffage d'appoint pour couvrir les besoins de pointe (p. ex. chauffage au bois (→ A6)?

Quelle est l'énergie d'appoint nécessaire (pour les pompes ou les ventilateurs) en proportion aux besoins?

L'emplacement de l'échangeur de chaleur doit permettre de minimiser les pertes par les conduites.

Les échangeurs de chaleur doivent être accessibles sans problème et faciles à nettoyer.

En principe, on n'installe pas d'accumulateur.

Quel système d'appoint sera choisi et quel est son besoin de place (p. ex. chauffage au bois → C6)?

##### Distribution

**La diffusion de chaleur nécessite un système de distribution à basse température.** Les systèmes de distribution et de diffusion sont-ils appropriés dans les bâtiments existants (→ F5)?

**La diffusion de chaleur nécessite un système de distribution à basse température.** Les systèmes de distribution et de diffusion sont-ils appropriés aux bâtiments existants (→ F5)?

Adressez-vous dès la phase de l'avant-projet à un ingénieur expérimenté pour conseil et étude.

Adressez-vous dès la phase de l'avant-projet à un ingénieur expérimenté pour conseil et étude.

## 6 Chauffages au bois



### POÊLES INDIVIDUELS

#### Disposition

Quels espaces doivent être chauffés? Si le poêle est situé au cœur du bâtiment, les pièces contiguës avec un niveau de température plus bas peuvent profiter de la chaleur (création de zones → c1).

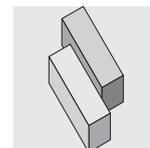
**Tenez compte de la diffusion de chaleur propre au poêle et des exigences d'aménagement de l'espace.** Dans les pièces existantes, l'utilisation n'est-elle pas compromise? Le parcours depuis le stockage du bois jusqu'au lieu du chauffage est-il court, sans escalier, et supporte-t-il d'être sali? Tenez compte du besoin de place pour la cheminée et pour un stockage de bois suffisant. Observez la réglementation contre l'incendie.

### CHAUFFAGE CENTRAL

**L'endroit de la chaufferie et de la cheminée peuvent être choisis selon les mêmes critères que pour les chauffages conventionnels.** Tenez compte des éventuels désagréments dus aux odeurs (chauffage aux plaquettes de bois vert) et au bruit (livraison du bois).

Pour le dimensionnement des besoins d'espace, il faut tenir compte, mis à part la chaufferie, du stockage des bûches, des silos à copeaux, ainsi que de l'installation d'alimentation.

Le besoin d'espace dans les bâtiments existants est-il établi? Existe-t-il d'autres possibilités? Observez les prescriptions contre l'incendie.



**C Corps des bâtiments**

#### Accumulation

Une bonne isolation de l'enveloppe du bâtiment ou des parois intérieures, avec une masse d'accumulation suffisante sont des conditions pour obtenir une température ambiante équilibrée. Les conditions peuvent-elles être améliorées raisonnablement dans les bâtiments existants?

Quelles sont les variations de température ambiante tolérables? Les poêles individuels massifs (p. ex. des poêles en faïence) se distinguent par de faibles variations de température.

Pour des raisons techniques de régulation et de confort, les plus petits chauffages, avant tout alimentés manuellement, sont à équiper d'un accumulateur tampon. Il faut tenir compte de ces besoins de place non négligeables lors de la planification. Il faut prévoir un accumulateur pour la production centrale d'eau chaude.

#### Distribution

La diffusion de chaleur se fait généralement par rayonnement et convection. Tenez compte des différentes caractéristiques d'émission de la chaleur et de la possibilité de réglage des divers types de poêles.

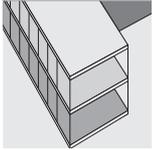
Pour obtenir une bonne distribution de la chaleur, le fourneau devra être placé près d'une paroi intérieure et, de préférence, au centre du bâtiment.

Les pièces contiguës peuvent profiter de la distribution de chaleur moyennant l'ouverture des portes, des trappes ou des systèmes de conduits aérauliques.

La diffusion de chaleur, la commande et la régulation se font tout à fait normalement comme les chauffages conventionnels avec des radiateurs à basse température. Dans les bâtiments existants, les systèmes de distribution et de diffusion de chaleur sont-ils appropriés?



# 1 Protection thermique hivernale



D Structure/  
Enveloppe

## PERTES PAR TRANSMISSION

### Choix d'un système

Quels systèmes de toits, murs extérieurs et fenêtres entrent en ligne de compte? Les systèmes doivent permettre une construction sans pont thermique. **La valeur k des toits, murs et sols doit se situer en dessous de 0,3 W/m<sup>2</sup>k.** Quelles améliorations peut-on apporter à des bâtiments existants?

Une construction attentive aux problèmes énergétiques est possible, qu'elle soit massive ou légère. Mais il faut composer avec les différences, celles de l'inertie, des besoins de place et de prise en compte des surfaces dans le coefficient d'utilisation du sol.

### Répartition des surfaces

Quelle est la proportion des surfaces vitrées? **Plus la surface vitrée est grande, plus la valeur k des fenêtres devra être performante.** Utilisez, dans tous les cas, un verre isolant ( $k < 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Étudiez, particulièrement en cas de grandes surfaces vitrées, l'utilisation de verres isolants triples ( $k < 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Évaluez la proportion de surface vitrée pour les bâtiments existants. Quelles sont les exigences (protection thermique, utilisation de la lumière naturelle, etc.) insuffisamment satisfaites? Existe-t-il des possibilités d'amélioration?

## PERTES DE CHALEUR PAR AÉRATION

Jugez le choix du système pour l'enveloppe d'un bâtiment selon son étanchéité à l'air. **Il faut prêter une grande attention à l'étanchéité des constructions légères.**

Comment peut-on améliorer l'étanchéité des bâtiments existants avec des moyens raisonnables?

Étudiez une conception globale pour l'aération naturelle (p. ex. possibilités de ventilation traversante et renouvellement de l'air en cas d'absence). Évitez les vitrages basculants (perte de chaleur incontrôlée).

**Une installation de ventilation avec récupération de chaleur peut réduire les pertes de chaleur dues à la ventilation** (→ A5). Prenez garde à l'interdépendance des espaces et au maintien de conditions agréables pour l'air ambiant

Les surfaces liées et fermées à l'intérieur de la construction de l'enveloppe du bâtiment favorisent l'étanchéité.

D1

### Choix des matériaux

#### Choisissez des matériaux écologiques.

Utilisez des matériaux recyclables avec une longue durée de vie. Évitez les systèmes de construction et de matériaux composites. Faut-il intégrer des capteurs solaires, des cellules photovoltaïques ou une isolation transparente à l'enveloppe (→ A3, A4)?

Les feuilles d'étanchéité, les barrières de vapeur, les mousses et mastics sont souvent douteux d'un point de vue écologique. Ne choisissez ces matériaux qu'avec circonspection et étudiez des solutions constructives qui permettent de les éviter.

Coordonner l'ébauche de projet et le concept d'installation de ventilation avec l'ingénieur spécialisé mandaté.



### CHARGES THERMIQUES

#### Masse du bâtiment

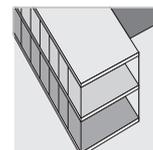
**Les éléments massifs peuvent jouer le rôle d'accumulateur de chaleur.** Cela permet d'éviter une surchauffe trop importante des pièces. Les éléments accumulateurs ne doivent pas être recouverts (p. ex. avec un habillage de plafond).

Il est possible d'atténuer les désavantages d'une construction légère avec un doublage lourd à l'intérieur (p. ex. 4 cm de plâtre). Prenez garde aux risques de surchauffe dans les combles aménagés.

### REFROIDISSEMENT NATUREL

**La chaleur stockée durant la journée dans les éléments de construction massifs peut être évacuée la nuit avec de l'air frais extérieur.** Les possibilités d'aération nocturne par les fenêtres sont toutefois réduites (échange d'air peu important, risques de tempêtes, de dégâts d'eau ou d'effraction).

Même les installations de ventilation fonctionnant la nuit à pleine puissance ne parviennent généralement pas à renouveler l'air pour un refroidissement nocturne efficace.



**D Structure/  
Enveloppe**

#### Enveloppe

**Réduisez les surfaces vitrées ensoleillées au minimum (< 20–25% de la surface de plancher).** Étudiez l'interdépendance entre l'exploitation de la lumière naturelle et l'utilisation de l'énergie solaire (→ D3). Veillez à pourvoir les fenêtres d'une protection solaire efficace et complète.

Comment jugez-vous les dispositifs de protection sur les bâtiments existants? Quelles défauts pourriez-vous améliorer?

Si vous prévoyez une aération par les fenêtres, veillez aux dimensions des ouvrants et à leur disposition, pensez aux protections contre le vent, la pluie, les effractions, à tout ce qui peut entraver son utilisation.

Des fenêtres situées sur des façades opposées augmentent l'efficacité de l'aération (courant d'air), mais occasionnent des effets secondaires auxquels il faut prendre garde, tels que portes qui claquent et papiers qui s'envolent.

#### Choix d'un système

Comment se présente le concept de protection solaire? Quelles exigences particulières doit-on remplir (p. ex. protection contre l'éblouissement, obscurcissement, protection contre les effractions)?

**Les systèmes extérieurs mobiles offrent les plus grandes possibilités de protection solaire (p. ex. stores à lamelles).**

Prenez en considération les exigences d'utilisation de la lumière naturelle (→ D3) et ménagez la possibilité de vue extérieure.

Les systèmes de protection fixes (p. ex. avant-toits, brise-soleil, verres de protection teintés, etc.) ont souvent un effet insuffisant et occasionnent des pertes importantes de lumière naturelle.

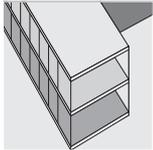
**Quel est le besoin de puissance pour le refroidissement (d'après SIA 382/2)?** Définissez le concept de ventilation estival et les exigences de confort réalisables. Comment évacuer les charges thermiques (p. ex. avec un prérefroidissement de l'amenée d'air frais dans le sol, → B5)?

Quelle est l'interdépendance avec le concept d'aération hivernal (→ A1)?

Peut-on améliorer les exigences de confort estivales dans les bâtiments existants et l'aération au moyen des fenêtres? Est-il possible de rajouter une installation de ventilation (place nécessaire, hauteur des pièces, etc.)?



## 3 Utilisation passive de l'énergie solaire



D Structure/  
Enveloppe

### GAINS DIRECTS

#### Répartition des surfaces

Tirez le meilleur parti des surfaces vitrées orientées au sud en vue de l'utilisation de l'énergie solaire en tenant compte des exigences de protection thermique et des risques de surchauffe (→ D1, D2).

**La surface vitrée doit être proportionnelle à la capacité de stockage d'une pièce.** Les surfaces vitrées supérieures de 25–30% à la surface de plancher conduisent à des problèmes de surchauffe.

Les surfaces vitrées supplémentaires doivent être équipées d'un vitrage spécial (valeur  $k < 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) et d'une protection solaire efficace.

Vérifiez les verres qui ne sont jamais à l'ombre (avant-toit, balcon, etc.).

### ESPACES TAMPONS

Tirez le meilleur parti de la portion de surfaces vitrées (→ D1, D2). Quelle sera l'amplitude des variations de température. **Pour obtenir un climat ambiant confortable, il faut une surface vitrée qui soit proportionnée à la masse d'accumulation.** Comment réagissez-vous contre les risques de surchauffe en été (→ E2)? Portez une attention particulière aux vitrages inclinés et horizontaux.

Quels effets sur l'intérieur doit-on attendre des surfaces transparentes utilisées pour la fermeture des pièces?

#### Stockage

**L'utilisation valable de l'énergie solaire implique des possibilités d'accumulation efficace.** Il faut préférer les constructions massives. Les éléments de construction qui reçoivent un ensoleillement direct se comportent comme d'excellents accumulateurs primaires (comptez une surface 3 fois plus grande par rapport à la surface de vitrage). Murs, plafonds et sols sont des accumulateurs secondaires (ils ne reçoivent pas d'ensoleillement direct) lorsqu'ils ne sont pas couverts avec des tapis, du parquet ou des éléments similaires.

Évitez que des éléments accumulateurs soient chauffés (chauffage au sol) et que l'accumulation de l'énergie solaire soit ainsi perturbée.

Les possibilités d'accumulation de chaleur dans les bâtiments existants sont-elles suffisantes? Peut-on améliorer la situation?

Intégrez suffisamment d'éléments accumulateurs dans l'espace tampon. Une bonne masse d'accumulation exerce une influence sur la régularité du confort thermique dans l'espace tampon. Avec une masse d'accumulation suffisante, il est possible de prolonger l'effet thermique de l'espace tampon durant les heures sans soleil. **Veillez à ne pas couvrir la masse d'accumulation avec des tissus isolants ou des meubles.**

#### Distribution

Favorisez la distribution de chaleur, des espaces ensoleillés jusqu'aux espaces attenants. **L'ouverture en permanence des pièces principales facilite la répartition de la chaleur.**

Projetez un système de chauffage à diffusion rapide.

La diffusion de chaleur doit être régulée par une sonde (p. ex. thermostat).

Comment jugez-vous le système de chauffage dans les bâtiments existants par rapport à l'utilisation de l'énergie solaire?

Lorsque, en hiver, la température de l'espace tampon est plus élevée que celle du bâtiment principal, on utilisera l'excédent de chaleur au moyen d'ouvertures (portes, trappes, etc.). Existe-t-il une autre possibilité d'utilisation de la chaleur dégagée (→ A5)?

On constate également le principe inverse: de l'air chaud s'écoule depuis le bâtiment principal dans l'espace tampon froid où il se perd. Comment remédier à ces possibles pertes thermiques dues au comportement inapproprié des utilisateurs?

## UTILISATION DE LA LUMIÈRE NATURELLE

---

Tirez le meilleur parti de la portion de surface vitrée en profitant de la lumière naturelle, tout en prenant garde aux exigences de protection thermique, au risque de surchauffe (→ D1, D2) et d'éblouissement. Les surfaces vitrées > 25–30% ne sont pas absolument indiquées pour l'exploitation de la lumière naturelle et leur utilisation est à étudier. Les parties vitrées supplémentaires doivent comporter un vitrage spécial ( $k < 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) et une protection solaire efficace.

**Les conditions et les exigences particulières aux éléments qui réfléchissent la lumière sont à étudier en relation avec le système.**

---

### Accumulation

La lumière peut être accumulée uniquement sous forme d'électricité. Intégrez l'éclairage artificiel dans le concept global de la lumière. Définissez les aspects qualitatifs de l'éclairage artificiel parallèlement aux exigences d'économie d'énergie. Observez les contraintes physiologiques et privilégiez une répartition égale de la lumière dans les pièces. La lumière artificielle doit-elle être automatiquement réglée par rapport à la lumière naturelle? Quelles sont les possibilités d'amélioration (physiologiques et énergétiques) pour une installation d'éclairage artificiel existante?

Les cellules solaires peuvent-elles contribuer à diminuer la consommation d'électricité (→ A4)?

---

### Distribution

**Les pièces hautes et les fenêtres placées en hauteur laissent pénétrer profondément la lumière.**

La profondeur de pénétration peut-elle être augmentée par des éléments réflecteurs?

Pensez à des éléments tels que tablettes de fenêtres, surfaces de plafonds, réflecteurs extérieurs ou éléments spéciaux qui réfléchissent la lumière.

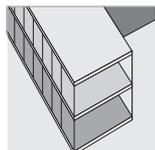
Créez à l'intérieur des bâtiments des espaces transparents. Prenez garde aux problèmes de contraste et d'éblouissement. Est-il possible d'augmenter la hauteur des pièces et de vitrer les linteaux dans les bâtiments existants. Étudiez les installations et les exigences de l'acoustique intérieure.

Coordonnez l'ébauche de projet et le concept de la lumière avec l'ingénieur spécialisé mandaté.

→ Compléments bibliographiques en page 65.



## 4 Utilisation active de l'énergie solaire



D Structure/  
Enveloppe

### CAPTEURS À AIR OU CAPTEURS-FENÊTRES

#### Intégration

Comment intégrer constructivement et formellement des capteurs dans une façade? Tenez compte de conditions restrictives dans le cas de rénovation.

Observez les exigences de protection contre les intempéries et de la physique des bâtiments, etc.

Comment protéger les capteurs contre les dangers de surchauffe (→ D2)?

Le montage peut-il s'effectuer efficacement?

**L'éclairage naturel et l'aération des pièces situées derrière sont-ils garantis en cas d'utilisation d'un capteur-fenêtre?**

### CAPTEURS SOLAIRES

**Empêchez que des ombres soient portées sur les capteurs par des bâtiments ou des éléments de construction.**

Toutes les exigences de fonctionnement sont-elles prises en considération, pour les capteurs également qui assurent plusieurs fonctions (p. ex. avant-toit)? L'orientation et l'inclinaison sont-elles optimisées?

Le montage peut-il s'effectuer efficacement?

#### Accumulation

Quel genre d'accumulateur faut-il envisager (galets, briques ou béton)? Il faut compter un volume d'accumulation de 0,5–1,5 m<sup>3</sup> de galets par 1 m<sup>2</sup> de surface de capteur. L'accumulateur sera-t-il posé comme revêtement de sol (horizontal) ou comme élément de mur (vertical)? Jusqu'à quel point l'accumulateur sera-t-il gênant dans un bâtiment existant? **L'emplacement le plus favorable de l'accumulateur dans la pièce à chauffer est au centre.** Des conduits aérauliques courts avec une section importante abaissent les besoins d'énergie nécessaires au transport de l'air. Comment intégrer ces conduits dans le bâtiment? Vous êtes-vous informés sur les avantages et désavantages des accumulateurs latents? Ces accumulateurs ont une capacité de stockage importante pour une dimension réduite et fonctionnent selon le principe de la transformation de l'état de la matière (solide-liquide).

**Placez si possible l'accumulateur à proximité des utilisateurs et à l'intérieur du bâtiment (pertes thermiques).** Le besoin de place de l'accumulateur dépend de sa capacité et par conséquent du degré de couverture d'énergie solaire souhaité ou jugé raisonnable, de la surface du capteur et de l'énergie d'appoint.

Un système d'accumulation pour le soutien du chauffage peut prendre des dimensions considérables et demande beaucoup de place.

Sur la base d'une meilleure utilisation de la température, on donnera la préférence à des accumulateurs étroits verticaux. Prévoyez un vide d'étage suffisant.

Les dimensions des accumulateurs dans les bâtiments existants sont-elles fixées sur la base de la place disponible en proportion et de la hauteur limite des pièces?

#### Distribution

La restitution de chaleur depuis l'accumulateur à la pièce s'effectue par transmission et convection. **Quelle sera la valeur k entre l'accumulateur et la pièce afin d'obtenir une émission de chaleur optimale?**

Comment le système sera-t-il commandé dans sa globalité?

Comment éviter la surchauffe (spécialement en été)?

Comment intégrer un chauffage pour la couverture des besoins de chaleur de pointe dans la régulation du système?

Les conduites de distribution de l'eau chaude entre l'accumulateur et les utilisateurs doit être si possible courte.

**Pour une installation de chauffage d'appoint, il est indispensable d'utiliser un système de diffusion de chaleur à basse température.** Le système de diffusion de chaleur présent dans un bâtiment existant a-t-il les qualités requises?

La commande et la régulation du système s'effectue de la même manière que pour les installations conventionnelles. Comment le chauffage d'appoint pour les besoins de pointe sera-t-il pris en compte dans le système de régulation?

## CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

---

Les cellules photovoltaïques peuvent être intégrées comme revêtement de toit, de parapet et comme élément de façade ou de brise-soleil. Les éléments sont opaques ou partiellement transparents.

**Empêchez les ombres portées sur les cellules photovoltaïques par des bâtiments ou des éléments de construction.** Les cellules photovoltaïques sont-elles ventilées suffisamment et protégées de la surchauffe? Toutes les exigences de fonctionnement sont-elles prises en considération, pour les cellules également qui remplissent plusieurs fonctions (p. ex. revêtement de façade)? L'orientation et l'inclinaison sont-elles optimisées?

---

Lorsque l'on projette une installation autonome qui n'est pas raccordée au réseau, il est indispensable de prévoir des batteries d'accumulation. Prenez en compte parallèlement l'aspect écologique des batteries. Prévoyez un local séparé pour l'installation des batteries. Etudiez les exigences pour ce local (p. ex. ventilation).

---

La distribution de l'énergie électrique dans le bâtiment se fait au travers du circuit interne. Etudiez les conditions particulières éventuelles et l'emplacement des points d'intersection des deux systèmes avec l'ingénieur électricien ou l'installateur. Examinez l'état des installations, éventuellement obsolètes, dans les bâtiments existants.

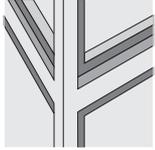
---

Coordonner l'ébauche de projet et le concept d'installation avec l'ingénieur spécialisé mandaté.

→ Compléments bibliographiques en page 67.



## 1 Protection thermique hivernale



E Construction

### PERTES PAR TRANSMISSION

#### Système de construction par éléments

**Quelles fonctions sont attribuées à quelle couche constructive (protection contre les intempéries, isolation thermique, étanchéité, barrière vapeur, statique et accumulation de chaleur)?** Quel est l'ordre des couches? La masse accumulatrice doit être placée à l'intérieur des pièces fréquemment utilisées (→ D3), à l'extérieur des pièces dont l'utilisation est temporaire. Quelles couches constructives faut-il améliorer ou renouveler dans une construction existante?

### PERTES PAR AÉRATION

Définissez les différentes fonctions d'étanchéité, telles que les barrières vapeur ou l'étanchéité à la pluie battante. Séparez les fonctions d'étanchéité à l'air ou à la vapeur de l'étanchéité à la pluie.

**Existe-t-il une couche d'étanchéité à l'air totalement imperméable?** Prêtez une attention particulière aux joints entre la maçonnerie et les portes ou les fenêtres, entre le cadre et l'ouvrant de la fenêtre, aux constructions légères en général, etc.

Comment peut-on remédier aux défauts d'étanchéité des joints dans les constructions existantes?

### Physique du bâtiment

Les prescriptions légales en matière de physique du bâtiment (chaleur, humidité, bruit) sont-elles respectées, les exigences définies et vérifiables?

Etablissez l'état physique du bâtiment lors d'une rénovation et évaluez les effets des mesures d'assainissement. Pensez principalement aux processus de diffusion et de température critique. Etudiez les conséquences de changement d'affectation possibles (p. ex. transformation du climat ambiant).

Faut-il dimensionner l'étanchéité à l'air comme pare-vapeur ou comme frein à la vapeur?

Un effet de pare-vapeur est-il d'ailleurs indispensable?

**Posez l'étanchéité à l'air, particulièrement lorsqu'elle a un effet pare-vapeur, du côté chaud de la construction.**

### Points faibles

**Évitez les ponts thermiques.** Des verres de grand format ( $> 1 \text{ m}^2$ ) prennent part de manière insignifiante au pont thermique (assemblage des bords des verres isolants). Examinez les détails de raccordement des fenêtres et des cadres, l'élargissement des cadres, les caissons de stores, les points d'attache de suspension des façades ventilées. Des points critiques se retrouvent également aux endroits où, pour des raisons statiques, les éléments porteurs doivent interrompre l'isolation thermique (p. ex. surface d'appui de la toiture, détails d'appui du soubassement, etc.). Prêtez une attention particulière aux problèmes des ponts thermiques lors de la rénovation. Dans le cas d'un changement de fenêtre, des risques d'apparition de traces de moisissures existent sur les ponts thermiques lorsque l'on ne prend pas la précaution de rajouter une isolation thermique supplémentaire en façade.

**Évitez de traverser la couche d'étanchéité à l'air pour des raisons constructives ou de passage de canalisations.**

Résolvez les détails de raccords. Pensez à toujours développer l'étanchéité sur le même élément de construction ou sur la même couche. Prévoyez le mode de réalisation sur le chantier spécialement au niveau des raccords.

N'oubliez pas que, compte tenu des conditions propres à la rénovation, les solutions d'étanchéité sont rendues plus compliquées et qu'une attention particulière doit être apportée au projet.

Faites-vous conseiller pour les questions complexes de physique des bâtiments par un physicien du bâtiment expérimenté

Faites-vous conseiller pour les questions complexes de physique des bâtiments par un physicien du bâtiment expérimenté

→ Compléments bibliographiques en page 62.

→ Compléments bibliographiques en page 62.



### Charges thermiques

#### Vitrages

**Les verres isolants doivent être recommandés également en été (valeur  $k < 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , valeur  $g$  env. 65%).** Pour les vitrages en surnombre, il faut prévoir des vitrages à grande performance isolante (valeur  $k < 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , valeur  $g$  env. 50%) en raison de leur capacité à retenir le rayonnement ( $\rightarrow$  D1).

Évitez les verres de protection solaire (effets de protection et de pénétration de lumière insuffisants).

### REFROIDISSEMENT NATUREL

Les ouvertures pour le refroidissement nocturne doivent être conçues en prévision des risques d'orage ou d'effraction. Des grilles intérieures doivent être prévues selon les besoins (p. ex. pour des jardins d'hiver,  $\rightarrow$  E3).

Comment empêcher la perte d'air ambiant rafraîchi par les fenêtres ouvertes? Un contact placé sur les fenêtres peut-il déclencher la ventilation d'une pièce?

**Garantissez dans chaque cas une ouverture individuelle des fenêtres.**



E Construction

### Protection solaire

**Choisissez des éléments de protection solaire extérieurs peu perméables à l'énergie (valeur  $g < 15\%$ ).**

Les performances seront accrues si la commande de la protection se fait automatiquement en cas d'absence de l'utilisateur (p. ex. week-end).

Il faut garantir l'utilisation de la lumière naturelle ( $\rightarrow$  C3). Choisissez une surface supérieure claire pour les lamelles afin d'obtenir une meilleure réflexion de la lumière et de la chaleur.

Privilégiez des systèmes qui permettent l'utilisation de la lumière naturelle de manière sélective (p. ex. des lamelles réfléchissant la lumière).

Étudiez les conditions annexes à remplir (p. ex. contact avec l'extérieur, protection contre l'éblouissement, sécurité contre le vent, obscurcissement, protection contre les effractions).

### Éléments de construction

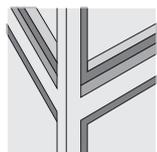
**Existe-t-il assez d'éléments accumulateurs intérieurs qui peuvent être balayés librement par l'air ambiant?**

Les éléments de construction de l'enveloppe sont-ils dimensionnés correctement pour la protection thermique estivale (p. ex. construction légère du toit)? Une bonne isolation réduit les charges thermiques à l'intérieur (abaissement de l'amplitude). Des matériaux lourds servant d'accumulateurs décalent les valeurs extrêmes ponctuelles de température intérieure et extérieure (décalage des phases).

Comment rajouter ou mettre en service des éléments accumulateurs à l'intérieur dans des bâtiments existants?



## 3 Utilisation de l'énergie solaire passive



E Construction

### GAINS DIRECTS

#### Vitrages

**Choisissez en premier lieu des vitrages à faible perte thermique (valeur  $k < 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).** Tenez compte d'une perméabilité à l'énergie favorable (valeur g). Choisissez des verres de grand format avec des cadres étroits. Des embrasures et des couvertes profondes entraînent des problèmes d'ombre.

Prenez garde, lors d'une rénovation de façade avec une isolation supplémentaire, aux surépaisseurs des embrasures et des couvertes.

### ESPACES TAMPONS

La qualité du vitrage entre l'intérieur et l'espace tampon non chauffé influence le confort de la pièce (température et bruit). Plus la valeur k est performante, moins on observera de fluctuations de température, de risques de condensation et de rayonnement froid (→ D1).

**Le vitrage entre le bâtiment principal et l'espace tampon doit présenter des caractéristiques d'isolation similaires à un vitrage exposé à l'air extérieur.** Prenez garde aux pertes de transmission de lumière. Les vitrages horizontaux et inclinés se trouvant au-dessus des têtes doivent être protégés contre les risques de rupture (verre feuilleté de sécurité).

#### Construction

Prenez en considération les exigences fonctionnelles et physiques du bâtiment pour les systèmes à gain direct comme l'isolation transparente, les façades doubles, etc. Quel type d'isolation transparente s'accorde avec les exigences d'exploitation? De quelle épaisseur faut-il dimensionner le mur accumulateur (capacité d'accumulation et décalage des valeurs de pointe de la température)? Prenez garde à la protection solaire estivale des éléments d'isolation translucides.

Etudiez les risques de condensation et les possibilités d'aération pour les façades doubles.

#### Construction

La paroi de séparation entre le bâtiment principal chauffé et l'espace tampon doit présenter une protection thermique pareille à une paroi exposée à l'air extérieur.

Si le système de construction et le vitrage remplissent les exigences contre la pluie battante et l'eau de condensation, les capacités d'étanchéité à l'air, de résistance, etc., sont-elles suffisantes (→ E1)?

Une protection solaire résistante aux intempéries est-elle prévue (→ E2)?

**Des ouvertures d'aération, avec protection contre la pluie et les effractions, sont-elles prévues afin d'empêcher les problèmes de surchauffe en cas d'absence?** Les jardins d'hiver sont des pièges à insectes. Des moustiquaires placées devant les ouvertures peuvent être de bon secours.

#### Structure intérieure

Les éléments prévus pour l'accumulation thermique peuvent-ils remplir leur fonction? La capacité d'accumulation est-elle adéquate (épaisseur, maintien de l'accumulation)?

Il faut accorder la préférence à des surfaces sombres (meilleure absorption de la chaleur) pour des accumulateurs primaires.

**Les surfaces des éléments accumulateurs ne sont-elles pas couvertes par des tapis, meubles, etc.?**

Dans les bâtiments existants, les masses accumulatrices recouvertes peuvent-elles être dégagées?

#### Structure intérieure

Quelles sont les exigences posées à l'espace tampon et à ses liens avec le bâtiment principal?

L'utilisation de la lumière naturelle est-elle suffisante? Des problèmes de protection contre le bruit ou d'acoustique de la pièce surgissent-ils? Comment s'effectue le renouvellement d'air? La liberté de mouvement de l'utilisateur est-elle entravée par des éléments de protection solaire intérieurs ou des vitrages s'ouvrant vers l'intérieur? Quelle résistance contre les intempéries doivent présenter les éléments de construction intérieurs (p. ex. revêtement résistant à la pluie)? Le matériel ou les plantes en courent-ils des risques de dégâts par des températures basses ou élevées?

Observez les règlements de la police du feu.

Faites-vous conseiller pour les questions de construction et de physique du bâtiment par un spécialiste.

Faites-vous conseiller pour les questions de construction par un spécialiste et, cas échéant, par un physicien du bâtiment.

## UTILISATION DE LA LUMIÈRE NATURELLE

---

**Choisissez un vitrage à haut degré de perméabilité à la lumière (valeur  $\tau$  env. 60–75%).** Les verres isolants à couche sélective remplissent parfaitement ces exigences.

Les verres protecteurs et les protections solaires fixes sont mal adaptés à nos conditions météorologiques souvent nuageuses. Des embrasures et des couvertes profondes empêchent la lumière de pénétrer. La rénovation des façades avec de l'isolation thermique occasionne des embrasures plus profondes.

Des conditions particulières sont à observer pour les systèmes mobiles et flexibles réfléchissant la lumière.

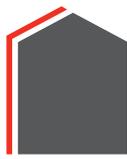
---

Il faut employer des revêtements métalliques ou clairs pour les éléments et les surfaces réflecteurs de lumière. Prenez garde au manque de résistance contre la salissure. Les éléments peuvent-ils s'adapter aux conditions météorologiques afin d'empêcher un assombrissement mal venu par temps couvert ou pour augmenter d'efficacité?

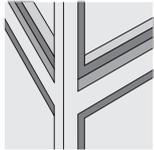
**Prenez garde au risque d'éblouissement pour les surfaces réfléchissantes.**

---

Choisissez des couleurs claires avec un degré de réflexion élevé pour les surfaces de murs et les sols. L'utilisation de la lumière naturelle peut être améliorée à bon compte à l'aide d'une peinture claire. Les exigences particulières d'une pièce sont à définir avec le fabricant pour l'emploi d'éléments réfléchissant la lumière (p. ex. plafond réflecteur de lumière).



## 4 Utilisation de l'énergie solaire active



E Construction

### CAPTEURS À AIR ET CAPTEURS-FENÊTRES

#### Façade

Capteurs à air: il faut choisir un vitrage simple ou double selon la situation géographique. Prenez garde à la résistance aux températures des matériaux de construction. Capteurs-fenêtres: il faut choisir des vitrages doubles à l'intérieur et à l'extérieur (évent. triples à l'intérieur). Comment résolvez-vous l'aération des pièces situées derrière? Prenez garde à la résistance aux températures des matériaux de construction. Soyez attentifs aux problèmes de condensation (transparence, corrosion) et aux possibilités de nettoyage.

### CAPTEURS SOLAIRES

Renseignez-vous sur les dimensions de modules disponibles sur le marché et sur leur correspondance avec les systèmes de façades et les systèmes porteurs. Une bonne ventilation arrière des capteurs empêche la condensation. La pénétration des conduites à travers la façade doit être étanche à l'air et à l'eau (→ E1).

#### Toit incliné

Deux systèmes sont utilisables: le système encastré qui sert également de couverture. La surface des capteurs et les raccordements doivent être reliés de manière totalement étanche au reste du toit.

Le système est installé sur la couverture au moyen d'un cadre porteur. Ce système convient parfaitement aux toits existants. La neige doit pouvoir glisser de la surface des capteurs. Une bonne ventilation sous les capteurs empêche la condensation. La pénétration des conduites à travers le toit doit être étanche à l'air et à l'eau (→ E1).

#### Toit plat

On utilisera pour les structures porteuses des socles bien dimensionnés au niveau du poids. On prêtera une attention soutenue au problème de l'ombre portée de la rangée précédente de capteurs et à la hauteur moyenne de neige. L'étanchéité ne doit pas être abîmée par les éléments porteurs et sera protégée en conséquence. **Le même type de construction peut être réalisé sur le terrain.**

E4

## CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

---

### Façade

Renseignez-vous sur les dimensions de modules disponibles sur le marché et sur leur correspondance avec les systèmes de façades et les systèmes porteurs. Les exigences et les conditions-cadres doivent être étudiées de manière détaillée pour l'utilisation en tant qu'avant-toit, sur des éléments mobiles, etc.

L'ombrage partiel des cellules peut occasionner des dégâts (tensions de température).

Une bonne ventilation arrière des cellules photovoltaïques empêche la condensation. La pénétration des conduites à travers la façade doit être étanche à l'air et à l'eau (→ E1).

---

### Toit incliné

Deux systèmes sont utilisables: le système intégré qui sert également de couverture. Le montage des modules et les raccordements doivent être effectués de manière totalement étanche au reste du toit.

Le système rapporté est installé sur la couverture au moyen d'un cadre porteur. Ce système convient parfaitement aux toits existants. La neige doit pouvoir glisser de la surface des capteurs. Une bonne ventilation sous les capteurs empêche la condensation. Le passage des conduites à travers le toit doit être étanche à l'air et à l'eau (→ E1).

---

### Toit plat

On utilisera pour les structures porteuses des socles bien dimensionnés au niveau du poids. On prêtera une attention soutenue au problème de l'ombre portée de la rangée précédente de capteurs et à la hauteur moyenne de neige. L'étanchéité ne doit pas être abîmée par les éléments porteurs et sera protégée en conséquence. **Le même type de construction peut être réalisé sur le terrain.**

Adressez-vous à un ingénieur expérimenté pour conseil et étude et examinez l'offre du marché des cellules photovoltaïques et des systèmes de montage.

→ Compléments bibliographiques en page 67.



## 1 Protection thermique hivernale



F Exploitation

### PERTES PAR TRANSMISSION

#### Confort de l'utilisateur

L'utilisateur peut-il s'attendre à une température ambiante agréable? **Observez le gain de confort ambiant quand les températures des surfaces internes sont égales à la température de la pièce.** Ceci est spécialement valable pour les fenêtres.

### PERTES PAR AÉRATION

L'utilisateur peut-il aérer sans perturbations extérieures? L'utilisateur peut-il se servir du dispositif de renouvellement d'air intérieur d'une manière judicieuse et correcte d'un point de vue énergétique. Avez-vous pris des précautions afin que l'utilisateur ne gaspille pas l'énergie par un comportement inapproprié? Les installations de ventilation maintiennent-elles les conditions de confort (température de l'air insufflé, vitesse de l'air, bruit, etc.)

#### Entretien

Les éléments de construction sont-ils accessibles à des fins de contrôle et d'entretien?

**Les éléments de construction peuvent-ils être rénovés ou remplacés écologiquement selon leur durée de vie.**

Placez les joints d'étanchéité de façon à ce qu'ils soient facilement contrôlables et puissent être remplacés en cas de besoin. Choisissez des matériaux durables et protégez-les des intempéries. L'accès des installations de ventilation est-il garanti pour une exploitation économique et pour l'entretien?

**Les éléments de construction et d'installation peuvent-ils être rénovés et remplacés écologiquement par pièce selon leur durée de vie?**

#### Etat existant

Examinez le mode de construction de l'enveloppe du bâtiment et analysez son état. Existe-t-il des ponts thermiques? Trouve-t-on des traces de moisissures? Il est possible de constater les points faibles de l'enveloppe du bâtiment avec des images thermographiques. Existe-t-il une répartition en zones thermiques d'utilisation?

**Evaluez les besoins en énergie de chauffage selon SIA 380/1 et analysez le résultat du bilan énergétique.**

Quels sont les objectifs à atteindre lors de rénovation du bâtiment et quelles sont les mesures utiles à prendre à cette occasion pour l'enveloppe du bâtiment (→ A1)?

Une installation de ventilation est-elle présente? Lui connaît-on des défauts? Son utilité est-elle établie? Des problèmes d'étanchéité à l'air sont-ils connus? Les utilisateurs se plaignent-ils de courants d'air ou de pièces insuffisamment chauffées? Des taches de condensation apparaissent-elles à l'intérieur du bâtiment? En cas de doute, des mesures de renouvellement d'air peuvent donner des renseignements sur l'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment.

**Evaluez les pertes de chaleur par aération pour connaître les besoins en énergie de chauffage selon SIA 380/1.**

Quels sont les objectifs à formuler lors de rénovation du bâtiment et du remplacement de l'installation? A cette occasion, quelles sont les mesures judicieuses à prendre pour l'enveloppe du bâtiment (→ A1)?



### CHARGES THERMIQUES

#### Confort de l'utilisateur

Prenez en considération l'influence exercée sur l'alimentation par des appareils et éclairages ayant une puissance minimale.

Les utilisateurs sont-ils en mesure de faire fonctionner la protection solaire selon les exigences?

**L'efficacité de la protection solaire est-elle garantie en cas d'absence?** Un maniement individuel est-il possible et souhaitable?

A-t-on tenu compte des mesures de protection contre l'éblouissement?

Les utilisateurs peuvent-ils recourir à la lumière du jour (→ F3) et jouir en même temps d'une protection solaire efficace?

### REFROIDISSEMENT NATUREL

L'aération naturelle, compte tenu des perturbations extérieures (p. ex. bruit), est-elle supportable pour les utilisateurs?

Les ouvertures d'aération sont-elles aisées à manier? L'aération est-elle possible pendant les périodes d'absence?

Le confort ambiant et l'utilisation individuelle sont-ils garantis par des installations d'aération naturelle? Les exigences de confort sont-elles réalistes?

Les installations de ventilation maintiennent-elles les conditions de confort (température de l'air insufflé, vitesse de l'air, bruit, etc.)



F Exploitation

#### Entretien

Le nettoyage aisé et l'entretien économique des éléments de protection solaire sont-ils garantis?

**Les éléments de construction et d'installation peuvent-ils être renouvelés et remplacés écologiquement par pièce selon leur durée de vie?**

L'accès aux éléments et aux installations pour l'exploitation économique et l'entretien est-il garanti? **Les éléments de construction et d'installation peuvent-ils être remplacés écologiquement par pièce selon leur durée de vie?**

#### Etat existant

**Comment évaluer les conditions de confort estivales dans les bâtiments existants?** Des mesures de température pendant une période de forte chaleur peuvent-elles être utiles pour le projet de rénovation du bâtiment?

Faites un bilan de la puissance de raccordement des appareils électriques (rejets thermiques). Des chiffres réalistes ne peuvent être obtenus qu'avec des mesures. Analysez les besoins.

Les éléments existants de protection solaire sont-ils aptes à fonctionner et performants?

Quels sont les objectifs à formuler lors de rénovation du bâtiment (→ A2)? A cette occasion, quelles sont les mesures judicieuses à prendre pour l'enveloppe du bâtiment (→ A1)?

Une installation de ventilation ou de climatisation est-elle présente? Existe-t-il des défauts? Les données de consommation de l'énergie sont-elles disponibles? Quelle est la puissance de refroidissement requise? Des installations existantes peuvent-elles être converties à l'exploitation des sources de refroidissement naturel?

Une climatisation est-elle vraiment incontournable? Quelles conditions de confort sont garanties? Analysez les exigences de confort.

Quels sont les objectifs à formuler lors de rénovation du bâtiment (→ A2)? A cette occasion, quelles sont les mesures judicieuses à prendre pour l'enveloppe du bâtiment (→ A1)?



## 3 Utilisation d'énergie solaire passive



F Exploitation

### GAINS DIRECTS

#### Confort de l'utilisateur

Le confort ambiant de l'utilisateur ainsi que l'exploitation optimale de l'énergie solaire sont-ils garantis? **Si de grandes fluctuations thermiques sont tolérées dans les pièces, le potentiel d'utilisation de l'énergie solaire est plus élevé.**

Le réglage du système de chauffage peut-il réagir assez rapidement au rayonnement solaire et ainsi éviter une surchauffe? Pouvez-vous éviter que l'utilisateur ne couvre les surfaces des masses accumulatives? Le fonctionnement du système est-il aisé à comprendre pour l'utilisateur?

### ESPACES TAMPONS

Le besoin de place en vue d'une utilisation adéquate de la pièce est-il établi? A quelles conditions est-il possible d'y placer des plantes? Quelles sont les plantes appropriées?

Le confort ambiant répond-il aux attentes de l'utilisateur? A quelles températures extrêmes faut-il s'attendre? La protection solaire est-elle également garantie en cas d'absence (→ F2)?

Le concept de construction rend-il plus difficile ou impossible un comportement énergétiquement inapproprié de l'utilisateur?

Le mode d'exploitation de l'espace tampon est-il aisé à comprendre pour l'utilisateur?

#### Entretien

Pour favoriser les gains directs, utilisez des matériaux et du mobilier insensible à la lumière.

L'accès aux systèmes (p. ex. fenêtre, isolation transparente, façade double est-il garanti? Le nettoyage et l'entretien sont-ils possibles avec des moyens simples?

**Les éléments de construction et d'installation peuvent-ils être rénovés ou remplacés écologiquement par pièce selon leur durée de vie?**

Pour favoriser les gains directs, utilisez des matériaux et du mobilier insensible à la lumière.

La construction permet-elle un accès aisé pour un nettoyage et un entretien économique?

**Tenez spécialement compte des possibilités de nettoyage intérieur et extérieur pour les verrières inclinées et horizontales.**

Les éléments de constructions et les composants des systèmes peuvent-ils être remplacés écologiquement par pièce selon leur durée de vie?

#### Etat existant

Quel est le type d'installation de chauffage existante, de distribution et d'émission de chaleur? Quelle est la part de l'utilisation d'énergie solaire passive et des rejets thermiques?

**Evaluez les besoins en énergie de chauffage selon SIA 380/1 et interprétez le bilan énergétique qui en résulte.**

Voyez le bâtiment en vue de tirer le meilleur parti des gains directs (orientation et surface des fenêtres, élément d'accumulation, capacité de réaction du chauffage, etc.).

Quels sont les objectifs à formuler lors de rénovation du bâtiment (→ A3)? A cette occasion, quelles sont les mesures judicieuses à prendre pour l'enveloppe du bâtiment (→ A1)?

Peut-on créer, à l'aide de verrières, des zones climatiques intermédiaires qui augmentent le rendement d'utilisation du bâtiment existant? Pensez, par exemple, à des balcons vitrés pour agrandir un séjour (non chauffé), comme protection contre le bruit extérieur, ou à des cours intérieures appelées à devenir des lieux de rencontre à l'abri des intempéries.

Quels sont les objectifs à formuler lors de rénovation du bâtiment (→ A3)? A cette occasion, quelles sont les mesures judicieuses à prendre pour l'enveloppe du bâtiment (→ A1)?

## UTILISATION DE LA LUMIÈRE NATURELLE

---

### Confort de l'utilisateur

Les exigences relatives à l'éclairage sont-elles satisfaites? L'utilisateur est-il suffisamment protégé des éblouissements et du danger de surchauffe? Les exigences ergonomiques sont-elles prises en considération pour les places de travail, particulièrement pour le travail sur ordinateur?

Les utilisateurs peuvent-ils recourir à la lumière du jour et jouir en même temps d'une protection solaire efficace?

Comment l'utilisation de la lumière naturelle s'accorde avec l'éclairage artificiel? Un réglage automatique dépendant de la lumière naturelle ou une commande individuelle de la lumière artificielle sont-ils à envisager?

---

### Entretien

Un nettoyage aisé des fenêtres est-il possible? L'accès aux systèmes de réflexion de la lumière naturelle est-il garanti pour un nettoyage aisé et un entretien économique? Quelles sont les conditions de propreté des réflecteurs?

**Les éléments de construction et les composants des systèmes peuvent-ils être remplacés écologiquement par pièce selon leur durée de vie?**

---

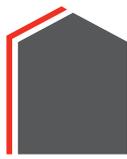
### Etat existant

Comment appréciez-vous l'utilisation de la lumière naturelle dans les bâtiments existants? Comment peut-on améliorer la situation (p. ex. choix de couleurs plus claires, aménagement optimal, système de réflexion de la lumière naturelle, etc.)?

Peut-on adapter l'éclairage artificiel existant aux exigences physiologiques et d'économies d'énergies?

Faites un bilan de la puissance de raccordement et de la consommation du courant de l'éclairage artificiel (rejets thermiques).

Quels sont les objectifs à formuler lors de rénovation du bâtiment (→ A3)?



## 4 Utilisation de l'énergie solaire active



F Exploitation

### CAPTEURS À AIR ET CAPTEURS-FENÊTRES

#### Confort de l'utilisateur

Le confort ambiant et l'utilisation optimale de l'énergie solaire sont-ils garantis conjointement? La commande du système complet pour les utilisateurs est-elle aisée (régulation de l'accumulation de l'énergie solaire, de l'émission de la chaleur depuis l'accumulateur et le chauffage d'appoint)? Le chauffage d'appoint peut-il réagir assez rapidement? Les modes de fonctionnement du système sont-ils aisés à manipuler et à comprendre pour l'utilisateur?

#### Entretien

L'accès aux des capteurs est-il garanti pour un entretien économique? Comment peut-on procéder au nettoyage des espaces vitrés intérieurs et extérieurs? L'accès à l'accumulateur et aux conduits aérauliques est-il possible?  
**Les éléments de construction et les composants des systèmes peuvent-ils être remplacés écologiquement par pièce selon leur durée de vie?**

#### Etat existant

Quel est le type d'installation pour le chauffage, la distribution et l'émission de chaleur? Quelle est la part de l'utilisation d'énergie solaire et des rejets thermiques? Évaluez le besoin d'énergie de chauffage selon SIA 380/1 et interprétez le bilan énergétique qui en résulte.  
**Étudiez les possibilités de recours à des capteurs à air ou des capteurs-fenêtres (capteurs, conduits aérauliques et accumulateurs).**  
Quels sont les objectifs à atteindre lors de rénovation du bâtiment (→ A4) et quelles sont les mesures utiles à prendre à cette occasion pour l'enveloppe du bâtiment (→ A1)?

### CAPTEURS SOLAIRES

En général, les systèmes sont comparables à des installations conventionnelles concernant la commande, la régulation de l'eau chaude et le confort ambiant. La convivialité du chauffage d'appoint dépend du système choisi.

L'accès aux capteurs et aux installations pour un nettoyage aisé et un entretien économique est-il garanti?  
**Les éléments des installations et les composants des systèmes peuvent-ils être remplacés écologiquement par pièce selon leur durée de vie?**

Le chauffage de l'eau chaude et la distribution donnent-ils satisfaction? Quel est le type d'installation pour le chauffage, la distribution et l'émission de chaleur?  
**Évaluez le besoin d'énergie de chauffage selon SIA 380/1 et interprétez le bilan énergétique qui en résulte.**  
Étudiez les possibilités de recours à des capteurs solaires (capteurs, emplacement des accumulateurs).  
Quels sont les objectifs à atteindre lors de rénovation du bâtiment et des installations (→ A4) et quelles sont les mesures utiles à prendre à cette occasion pour l'enveloppe du bâtiment (→ A1)?

## CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

---

### Confort de l'utilisateur

L'utilisation du courant électrique se fait comme d'habitude à partir d'une prise, mais recommandez l'acquisition d'appareils et de luminaires à basse consommation (sans stand-by) afin de réduire la dépendance au réseau.

---

### Entretien

L'accès aux cellules photovoltaïques est-il garanti pour un nettoyage aisé et un entretien économique?

**Les éléments de construction et les composants des systèmes peuvent-ils être remplacés écologiquement par pièce selon leur durée de vie?**

---

### Etat existant

Etablissez la consommation de courant du bâtiment existant. Il est recommandé d'enregistrer la consommation appareil par appareil ou celle des gros consommateurs. Où se situent les premières possibilités d'économie (→ A4)?

Pensez également à l'utilisation optimale de la lumière naturelle (→ A3).

Quelle est la part de consommation de courant perdue dans les rejets thermiques en hiver, et en été, et qui est à considérer dans le bilan énergétique (→ F1, F2, F3, F4, F5, F6)?

Évaluez le bâtiment existant en fonction d'une éventuelle utilisation de cellules photovoltaïques.

Quels sont les objectifs à atteindre lors de rénovation du bâtiment (→ A4)

**F4**



## 5 Chaleur de l'environnement / Utilisation des rejets thermiques



### F Exploitation

#### POMPE À CHALEUR

##### Confort de l'utilisateur

Généralement, les installations de pompes à chaleur sont comparables à des installations conventionnelles pour ce qui est de la commande, de la régulation, du confort ambiant et de l'eau chaude. Pour des installations bivalentes, les tâches supplémentaires dépendent du système de chauffage d'appoint.

Tenez compte des émissions dérangeantes (p. ex. bruits des prises d'air et des ventilateurs, fumées des moteurs à gaz, etc.).

#### UTILISATION DES REJETS THERMIQUES

Généralement les installations de récupération de chaleur (échangeurs de chaleur) sont comparables à des installations conventionnelles pour ce qui est la commande, la régulation, la fourniture d'eau chaude et le confort ambiant. Pour des installations bivalentes, les tâches supplémentaires dépendent du système de chauffage d'appoint.

##### Entretien

Exigez de la part du fournisseur des installations une garantie de durée de fonctionnement annuel. Utilisez des produits de refroidissement sans danger pour la couche d'ozone.

Assurez-vous que le fonctionnement de l'installation soit aisément contrôlable. L'accès des installations est-il garanti pour une exploitation et un entretien économique? Quelles sont les exigences pour le captage des sources de chaleur (accès, protection contre la pollution, etc.)?

**Les éléments de construction et les composants des systèmes peuvent-ils être remplacés écologiquement par pièce selon leur durée de vie?**

Assurez-vous que le fonctionnement de l'installation soit aisément contrôlable. L'accès des installations est-il garanti pour une exploitation et un entretien économique?

**Les éléments de construction et les composants des systèmes peuvent-ils être remplacés écologiquement par pièce selon leur durée de vie?**

##### Etat existant

Quel est le type d'installation pour le chauffage, la distribution et l'émission de chaleur? Le chauffage de l'eau chaude et la distribution donnent-ils satisfaction?

**Evaluez le besoin d'énergie de chauffage selon SIA 380/1 et interprétez le bilan énergétique qui en résulte.**

Quels sont les objectifs à atteindre lors de rénovation du bâtiment et des installations (→ A6) et quelles sont les mesures utiles à prendre à cette occasion pour l'enveloppe du bâtiment (→ A1)?

Quel est le type d'installation pour le chauffage, la distribution et l'émission de chaleur? Le chauffage de l'eau chaude et la distribution donnent-ils satisfaction?

**Evaluez le besoin d'énergie de chauffage selon SIA 380/1 et interprétez le bilan énergétique qui en résulte.**

Quels sont les objectifs à atteindre lors de rénovation du bâtiment et des installations (→ A6) et quelles sont les mesures utiles à prendre à cette occasion pour l'enveloppe du bâtiment (→ A1)?

## 6 Chauffages au bois



### POÊLES INDIVIDUELS

#### Confort de l'utilisateur

L'utilisateur est responsable de l'alimentation quotidienne en bois.

La température ambiante peut varier très sensiblement selon les intervalles de remplissage du chauffage, le type d'accumulateur et des possibilités de réglage restreintes. Tenez compte des émissions dues aux copeaux de bois, à la fumée et aux poussières.

Dans des bâtiments existants, les possibilités d'utilisation de l'espace sont-elles réduites par l'installation ultérieure d'un poêle?

### CHAUFFAGE CENTRAL

**Les grandes installations de chauffages automatiques fonctionnent avec les mêmes normes que les chauffages conventionnels.**

L'alimentation manuelle des chauffages nécessite env. 15–20 min. de travail par jour. La commande et la régulation de la diffusion de chaleur se font automatiquement. Tenez compte des émissions dues aux gaz de combustion.



F Exploitation

#### Entretien

L'accès aux poêles et aux cheminées, les facilités de nettoyage d'entretien sont-ils garantis? Quelles sont les restrictions d'utilisation dans les bâtiments existants?

Exigez les garanties pour le respect des valeurs limites d'émissions et de protection de l'air.

**Les éléments des installations et les composants des systèmes peuvent-ils être rénovés ou remplacés par pièce selon leur durée de vie?**

L'accès aux installations et aux cheminées pour l'exploitation, la facilité de nettoyage et d'entretien sont-ils garantis? Quelles sont les restrictions d'utilisation dans les bâtiments existants?

Exigez des garanties pour le respect des valeurs limites d'émission et de protection de l'air.

**Les éléments des installations et les composants des systèmes peuvent-ils être rénovés ou remplacés par pièce selon leur durée de vie?**

#### Etat existant

Quel est le type d'installation pour le chauffage, la distribution et l'émission de chaleur? Le chauffage de l'eau chaude et la distribution donnent-ils satisfaction?

**Evaluez le besoin d'énergie de chauffage selon SIA 380/1 et interprétez le bilan énergétique qui en résulte.**

Quels sont les objectifs à atteindre lors de rénovation du bâtiment et des installations (→ A6) et quelles sont les mesures utiles à prendre à cette occasion pour l'enveloppe du bâtiment (→ A1)?

Quel est le type d'installation pour le chauffage, la distribution et l'émission de chaleur? Le chauffage de l'eau chaude et la distribution donnent-ils satisfaction?

**Evaluez le besoin d'énergie de chauffage selon SIA 380/1 et interprétez le bilan énergétique qui en résulte.**

Quels sont les objectifs à atteindre lors de rénovation du bâtiment et des installations (→ A6) et quelles sont les mesures utiles à prendre à cette occasion pour l'enveloppe du bâtiment (→ A1)?



# Complément bibliographique

---

**1 Protection thermique hivernale**



**2 Protection thermique estivale**



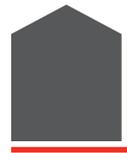
**3 Utilisation passive de l'énergie solaire**



**4 Utilisation active de l'énergie solaire**



**5 Utilisation de la chaleur de l'environnement/  
des rejets thermiques**



**6 Chauffages au bois**





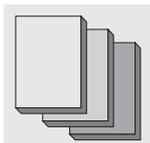
## 1 Protection thermique hivernale

### PERTES PAR TRANSMISSION

Recommandations pour l'étude, le déroulement d'un projet, bilan énergétique, etc. SIA 380/1 «L'énergie dans le bâtiment»

### PERTES PAR AÉRATION

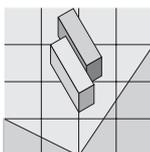
Principes, exigences, évaluation d'objets mesurés, «Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle»



#### A Programme



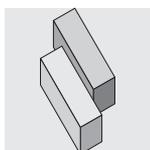
#### F Exploitation



#### B Situation

Températures extérieures mensuelles moyennes, jours de chauffages et degrés-jour pour 12 régions climatiques; SIA 381/2 «Données climatiques»

Températures extérieures mensuelles moyennes, jours de chauffage et degrés-jour pour 12 régions climatiques; SIA 381/2 «Données climatiques»



#### C Corps des bâtiments

Recommandations pour la construction à neuf et la rénovation, constructions avec bonne isolation thermique, ponts thermiques; «Bautechnik der Gebäudehülle»

Perméabilité à l'air, chap. 4.5, «Wärmeschutz und Energie in Hochbau»

Coefficients standards de vitrage; «Vitrage isolant – Données physiques»

Aération et perméabilité à l'air, chap. 12; «Isolation thermique des bâtiment»

Détails sur les ponts thermiques; «Wärmebrücken-katalog»

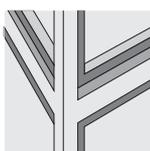
Valeurs limites de perméabilité de l'enveloppe du bâtiment; SIA 180 «Protection thermique dans le bâtiment»

Principes de physique des bâtiments et recommandations pour la calculation; «Wärmeschutz und Energie in Hochbau»

Températures extérieures mensuelles moyennes, jours de chauffage et degrés-jour pour 12 régions climatiques; SIA 381/2 «Données climatiques»

Exemples illustrés d'utilisation de zones thermiques; «Architecture solaire»

Système d'aération pour maisons d'habitations, immeubles administratifs, etc., principes, exigences et recommandations pour l'élaboration du projet, chap. 1, 2, 3: «Lüftungstechnik»



#### E Construction

→ Données bibliographiques complètes des titres abrégés dans la liste alphabétique des ouvrages en page 85.



### CHARGES THERMIQUES

Systèmes de protection solaire, chap. 3.6; «Eclairage – Eléments d'éclairagisme»

Principes, exigences, systèmes de protection solaire, chap. 1.3; «L'électricité à bon escient»

Résultats de mesures sur des bâtiments administratifs; «Interne Wärmelastungen von Betriebseinrichtungen»

### REFROIDISSEMENT NATUREL

Mesures pour diminuer les charges de froid, chap. 1.5; «Lüftungstechnik»

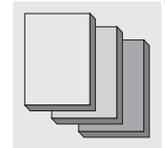
Valeurs en heures du rayonnement global et diffus en été et en automne, chap. 3.2; SIA 382/2 «Puissance de réfrigération à installer dans le bâtiment»

Caractéristiques et limites de la ventilation naturelle et de la ventilation mécanique, chap. 2.2, 2.3; «Lüftungstechnik»

Check-list lumière naturelle, protection solaire, chap. 6.1; «Eclairage des bureaux»

Recommandations pour la construction de toit en pente, chap. 3.4; «Isolation thermique de toitures à pans inclinés»

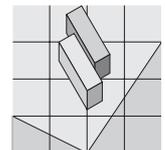
Principes et recommandations pour le dimensionnement, chap. 18; «Wärmeschutz und Energie in Hochbau»



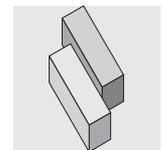
**A Programme**



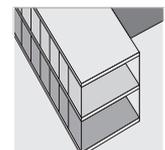
**F Exploitation**



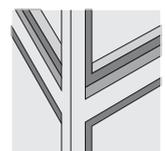
**B Situation**



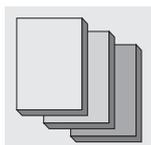
**C Corps des bâtiments**



**D Structure/  
Enveloppe**



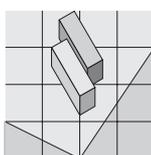
**E Construction**



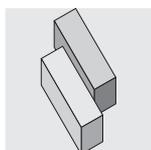
### A Programme



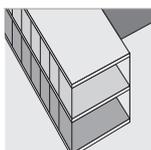
### F Exploitation



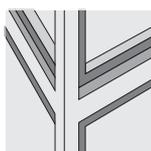
### B Situation



### C Corps des bâtiements



### D Structure/ Enveloppe



### E Construction

#### GAINS DIRECTS

Introduction avec exemple d'application, chap. 1.2; Déroulement du projet, chap. 2; «Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung», SIA D 010

Déroulement du projet, introduction; Types d'utilisation, partie A; «Soleil et architecture»

Evaluation et comparaison de deux exemples concrets; «Passive Sonnenhäuser», SIA D 011

Particularités de bâtiments avec des gains d'énergie solaire considérables, chap. 1.3; «Systèmes de chauffage pour maisons à basse consommation d'énergie»

Utilisation passive de l'énergie solaire, documents pour l'élaboration de projet BHM; «Baudoc – Bibliothek»

Explications préliminaires, climat, orientation, chap. 3; «Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung», SIA D 010

Situation et climat, chap. A3; Intégration et ensoleillement de la parcelle, chap. 4A; «Soleil et architecture»

Incidence du rayonnement solaire et orientation de l'espace, diagramme de la hauteur du soleil avec les durées, documents d'élaboration de projet AOR; «Baudoc – Bibliothek»

Divers exemples concrets illustrés; «Architecture solaire»

Conception, chap. 4; Construction et dimensionnement, chap. 5; Parois-accumulateurs (TWD), chap. 8; Calcul du besoin de chaleur, chap. 9; «Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung», SIA D 010

Conception du bâtiment, chap. A4; Règles de base, systèmes, constructions, partie B; Technique du bâtiment, partie C; «Soleil et architecture»

Calcul du besoin d'énergie de chauffage, chap. C2; SIA380/1, «L'énergie dans le bâtiment»

#### ESPACES TAMPONS

Introduction avec exemple d'application, chap. 1.3; Déroulement du projet, chap. 2; «Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung», SIA D 010

Documents, partie 1; «Jardins d'hiver»

Documents, parties A + B; «Balkonenverglasungen»

Evaluation et comparaison de deux exemples concrets; «Passive Sonnenhäuser», SIA D 011

Valeurs mensuelles du rayonnement global, valeurs moyennes de la température et degrés-jour pour un endroit particulier; SIA 381/2 «Données climatiques»

Incidence du rayonnement solaire et orientation de l'espace, diagramme de la hauteur du soleil avec les durées, documents d'élaboration de projet AOR; «Baudoc – Bibliothek»

Exemples illustrés de quelques réalisations; «Architecture solaire»

Typologie, construction, vitrage, ombrage et ventilation, équipement, partie 2; «Jardins d'hiver»

Principes d'élaboration de projet, éléments de construction et éléments, partie D+E; «Balkonenverglasungen»  
Conception, recommandations pour la construction et le dimensionnement, chap. 6; «Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung», SIA D 010

Recommandations pour la construction, chap. 2.2; Vitrage, accumulation, protection solaire, chap. 3; «Soleil et architecture»

## UTILISATION DE LA LUMIÈRE NATURELLE

---

Principes de base, types de lumière, chap. 3; «Eclairage – Eléments d'éclairagisme»

Conditions pour utiliser la lumière naturelle, p. 13; «Systèmes de chauffage pour maisons à basse consommation d'énergie»

---

Incidence du rayonnement solaire et orientation de l'espace, diagramme de la hauteur du soleil avec les durées, documents d'élaboration de projet AOR; «Baudoc – Bibliothek»

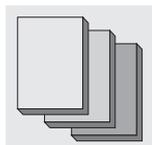
Divers exemples concrets illustrés; «Architecture solaire»

---

Recommandations pour la construction et le dimensionnement, chap. 3; Check-list pour l'éclairage naturel et artificiel, chap. 6; «Eclairage des bureaux»

Distribution de l'espace, étude de paramètres, documents pour l'élaboration de projet AOR; «Baudoc – Bibliothek»

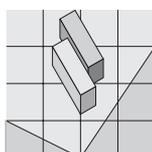
Norme pour projet de lumière naturelle; «Eclairage intérieur par la lumière du jour»



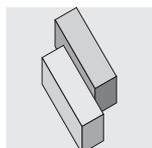
### A Programme



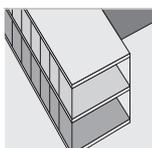
### F Exploitation



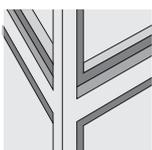
### B Situation



### C Corps des bâtiments



### D Structure/ Enveloppe



### E Construction

#### CAPTEURS À AIR ET CAPTEURS-FENÊTRES

Vue d'ensemble du système, mode de fonctionnement et exemple concret, chap. 1.4; Déroulement du projet, chap. 2; «Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung», SIA D 010

Evaluation et comparaison de 4 exemples concrets; «Passive Sonnenhäuser», SIA D 011

Etude de faisabilité de façade avec capteurs d'air lors de rénovation et de transformations; «Luftkollektorfassaden»

Utilisation active de l'énergie solaire, documents pour l'élaboration de projet BHM; «Baudoc – Bibliothek»

Températures extérieures mensuelles moyennes, jours de chauffage et degrés-jour pour 12 régions climatiques; SIA 381/2 «Données climatiques»

Divers exemples concrets illustrés; «Architecture solaire»

Conception, chap. 4; Construction et dimensionnement, chap. 7; Calcul du besoin de chaleur, chap. 9; «Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung», SIA D 010

Recommandations pour l'élaboration de projet, chap. 2.8; «Systèmes de chauffage pour maisons à basse consommation d'énergie»

Calcul du besoin d'énergie de chauffage, chap. C2; SIA 380/1, «L'énergie dans le bâtiment»

#### CAPTEURS SOLAIRES

Brève description du fonctionnement et des possibilités d'utilisation; «Production d'eau chaude solaire»

Concept de production d'eau chaude et de chauffage avec exemples d'application, chap. 2.9; «Systèmes de chauffage pour maisons à basse consommation d'énergie»

Vue d'ensemble du système, mode de fonctionnement, coûts d'investissement, etc., chap. 2.3.5; «Installations techniques du bâtiment: situation actuelle»

Déroulement du projet, chap. 3; «Production d'eau chaude solaire»

Utilisation active de l'énergie solaire, documents pour l'élaboration de projet BHM; «Baudoc – Bibliothek»

Documentation météo, rayonnement et orientation, chap. 8.1; «Production d'eau chaude solaire»

Températures extérieures mensuelles moyennes, jours de chauffages et degrés-jour pour 12 régions climatiques; SIA 381/2 «Données climatiques»

Types de capteurs, modes d'installation et procédés, chap. B2–B4; «Production d'eau chaude solaire»

Systèmes de montage pour les installations de capteurs en toiture ou au sol pour production d'eau chaude, chap. 4.4; «Photovoltaik Dachmontagesysteme»

Mode de fonctionnement, composants, dimensionnement, etc.; «Chauffe-eau solaire»

Calcul des besoins en énergie de chauffage, chap. 2; SIA 380/1 «L'énergie dans le bâtiment»

## CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

---

Collection illustrée d'exemples concrets, principes de base physiques et technique, systèmes, composants, etc.; «Photovoltaïque et architecture»

Déroulement du projet, chap. 4.1; «Centrales photovoltaïques  
Outils pour le dimensionnement et la réalisation d'installations»

Photovoltaïque, Documents pour l'élaboration de projet BHM; «Schweiz. Baudoku»

---

Rayonnement global et orientation, chap. 1.1; «Centrales photovoltaïques  
Outils pour le dimensionnement et la réalisation d'installations»

Adéquation du lieu et orientation, chap. 5; «Photovoltaik Dachmontagesysteme»

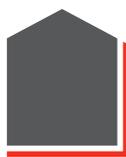
Valeurs mensuelles du rayonnement global pour des lieux particuliers; SIA 381/2 «Données climatiques»

---

Types de cellules solaires et modes de montage, chap. 1.2, 1.3; Description du système et des composants d'installations en îlot et d'installations couplées au réseau, chap. 2,3; Projet, exécution, coûts et rendement économique, chap. 4; «Centrales photovoltaïques  
Outils pour le dimensionnement et la réalisation d'installations»

Installations reliées au réseau et modules de cellules solaires, chap. 4,3; Systèmes de montage en toiture et en façade, chap.4; Ombrage, coûts, chap. 5; «Photovoltaik Dachmontagesysteme»

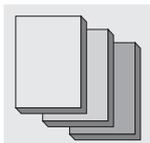
Intégration en façade et en toiture, pp. 105, 108–111; «Photovoltaïque et architecture»



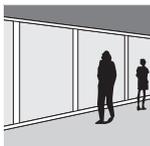
## 5 Utilisation de la chaleur de l'environnement et des rejets thermiques

### POMPES À CHALEUR

Pompes à chaleur, pp. 12 sq; Déroulement de projet  
pp. 25 sq.; «Electricité et chaleur»



#### A Programme

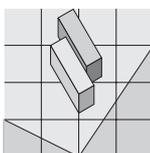


#### F Exploitation

Sources de chaleur possibles, chap. 2.5; «Pompes à cha-  
leur»

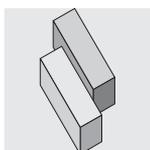
Règles approximatives pour l'appréciation d'un projet,  
p. 275; «L'électricité à bon escient»

Principes de base, concept d'installation, exemples con-  
crets, chap. 2.2; «Systèmes de chauffage pour maisons à  
basse consommation d'énergie»



#### B Situation

Technique, recommandations pour l'élaboration de pro-  
jets, pose et exemple d'application; «Pompes à chaleur»  
Calcul du besoin d'énergie de chauffage, chap. C2; SIA  
380/1, «L'énergie dans le bâtiment»



#### C Corps des bâtiments

### UTILISATION DIRECTE DES REJETS THERMIQUES

Récupération de chaleur et utilisation des rejets thermi-  
ques, pp. 6 sq; Déroulement de projet, pp. 25 sq.; «Elec-  
tricité et chaleur»

Sources de rejets thermiques, chap. 4.1; «Récupération  
de chaleur et utilisation des rejets thermiques»

Rejets thermiques possibles des installations techniques  
du bâtiment, de l'artisanat et de l'industrie; «Möglich-  
keiten der Wärmerückgewinnung»

Principes de base, composants et systèmes, recomman-  
dation pour l'élaboration de projet; «Récupération de  
chaleur et utilisation des rejets thermiques»

Calcul du besoin d'énergie de chauffage, chap. C2; SIA  
380/1, «L'énergie dans le bâtiment»

## 6 Chauffages au bois



Complément  
bibliographique

### POÊLES INDIVIDUELS

Principes généraux, chap. 1; Principes de base de technique, les divers types, chap. 3, combustion et émissions, chap. 4; «Chaleur par le bois»

Poêles isolés, principes, chap. 2.1.3; «Installations techniques du bâtiment: situation actuelle»

Alimentation, séchage et entreposage, chap. 2; «Chaleur par le bois»

Poêles à catelles à bois avec exemple concret, chap. 2.4; «Systèmes de chauffage pour maisons à basse consommation d'énergie»

Fours et chauffages par étage, chap. 3.3; «Chaleur par le bois»

Calcul du besoin d'énergie de chauffage, chap. C2; SIA 380/1, «L'énergie dans le bâtiment»

### CHAUFFAGE CENTRAL AU BOIS

Principes généraux, chap. 1; Principes de base de technique, les divers types, chap. 3, combustion et émissions, chap. 4; «Chaleur par le bois»

Exemples concrets, annexe; «Chaleur par le bois»

Principes de base, chap. 1,2; Déroulement de projet, chap. 4.1; Combustion et émissions, chap. 4; «Chauffages centraux au bois»

Alimentation, séchage et entreposage, chap. 2; «Chaleur par le bois»

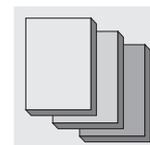
Chargement du silo et du foyer, chap. 3.2, 3.3; «Chauffages centraux au bois»

Chauffages centraux avec production d'eau chaude par poêle à catelle, exemple d'application, chap. 2.3; «Systèmes de chauffage pour maisons à basse consommation d'énergie»

Chargement manuel et automatique des chauffages centraux, dimensionnement et coûts, projet, chap. 3; «Chaleur par le bois»

Systèmes et composants, choix du système de combustion, chap. 3; besoin de place, entreposage du bois et chaufferie ainsi que les coûts, pp. 77sq; «Chauffages centraux au bois»

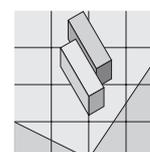
Calcul du besoin d'énergie de chauffage, chap. C2; SIA 380/1, «L'énergie dans le bâtiment»



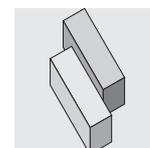
**A Programme**



**F Exploitation**



**B Situation**



**C Corps des bâtiments**



# Deux exemples tirés de la pratique

## Lumière, air et soleil – en guise d'introduction

Le déroulement d'un projet architectural consiste à composer un tout avec un nombre incalculable de contraintes. Parmi elles, les préoccupations écologiques sont appelées à occuper une part croissante et il devient de plus en plus évident qu'il faut les intégrer si possible globalement et dès le départ.

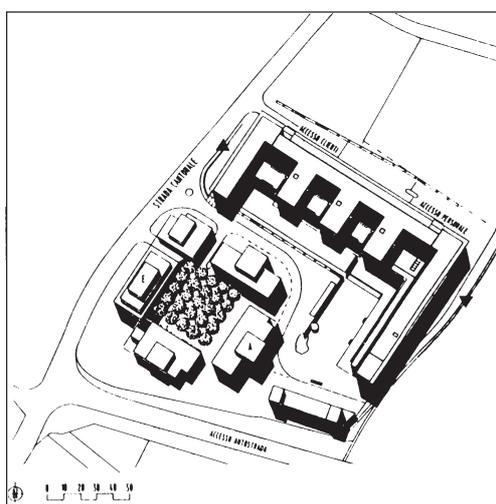
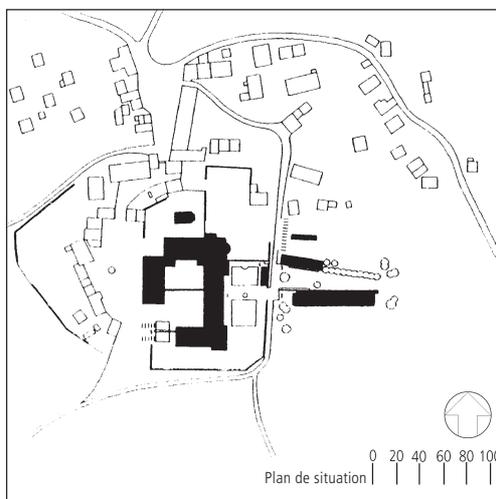
Si la lumière naturelle et le confort ambiant figurent parmi les priorités dans le projet et que simultanément on exige de recourir à des besoins énergétiques réduits au minimum tant pour la construction que pour l'exploitation, les architectes se trouvent alors soumis à des contraintes sur plusieurs niveaux. Mais cette problématique n'est pas sans évoquer également l'un des leitmotiv de la modernité, à savoir l'exigence de lumière, d'air et de soleil, qui revient d'actualité de façon bienvenue.

Les deux exemples suivants sont, à notre avis, exemplaires d'un projet global où tous les éléments concourent au même objectif de qualité architecturale. La thématique énergétique est certes dominante, sans toutefois réduire le discours architectural à un monologue d'éléments techniques.

Une concertation s'est engagée à tous les niveaux de la profession, au cours de laquelle les critères retenus d'urbanisme, d'exploitation, d'énergie, d'écologie ou de construction furent tous traités avec une égale déférence.

Des exigences qui, de prime abord, apparaissaient contradictoires ont fini par s'intégrer à l'ensemble. C'est à l'architecte qu'il appartient, en menant l'étude de projet de manière globale de faire en sorte que l'ensemble du bâtiment soit plus signifiant que la somme de ses composants les mieux élaborés.

A titre d'illustration, nous avons choisi des exemples dans les domaines de «l'habitation» et du «travail», où les exigences énergétiques des installations techniques sont fort différentes. Ainsi l'accumulation de chaleur qui est d'intérêt majeur pour un immeuble d'habitation, n'entre que faiblement en considération pour les bureaux où l'utilisation diurne est prioritaire. Les capteurs seront utilisés généralement pour l'eau chaude dans les habitations alors qu'ils pourront concourir au fonctionnement des appareils dans un bureau. Ce type de locaux présente une plus grande complexité, s'agissant de la gestion de l'utilisation de la lumière naturelle, de la protection thermique, de l'aération et de la climatisation.



- 1 Situation  
Centre de formation de la jeunesse à Windberg in Niederbayern
- 2 Situation  
Bâtiment administratif à Suglio-Lugano

## **Auberge du Centre de formation de la jeunesse à Windberg, Niederbayern, Allemagne**

---

Windberg se trouve sur le passage en direction de la colline sud de la forêt bavaroise, sur le plateau de la Donau. Un cloître, dont le début de la construction remonte au XII<sup>e</sup> siècle, marque de manière distincte la limite du village sur le Klosterberg en direction du sud. Parallèlement aux activités monastiques, ses installations accueillent un établissement de formation pour la jeunesse, agrandies entre 1987 et 1991 dans la partie est du Klosterberg par une auberge due à l'architecte Thomas Herzog (collaborateur Peter Bonfig).



3  
Vue de la façade  
sud avec isolation  
thermique transparente.

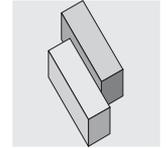
## Création de zones

On a tenu compte des durées d'utilisations différentes et des exigences de températures des divers types d'espaces pour dégager un plan à plusieurs niveaux dans lequel trois zones sont définies: derrière les pièces orientées au sud, se trouve une zone intermédiaire, à laquelle, côté nord, sont accolés les sanitaires et les pièces annexes. Les zones différenciées sur le plan créent au cours des heures des domaines qui ne sont utilisés que peu de temps, séparés spatialement et faits de matériaux différents. Ainsi, comme s'il s'agissait d'une architecture didactique, on peut y découvrir toutes les conclusions sur les besoins énergétiques appliquées dans un espace architectural.

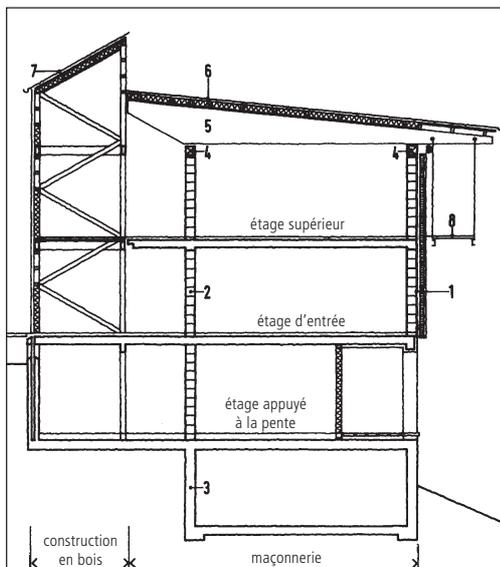
On peut réellement voir les besoins différenciés d'énergie des zones grâce à l'application des principes constructifs suivants:



4



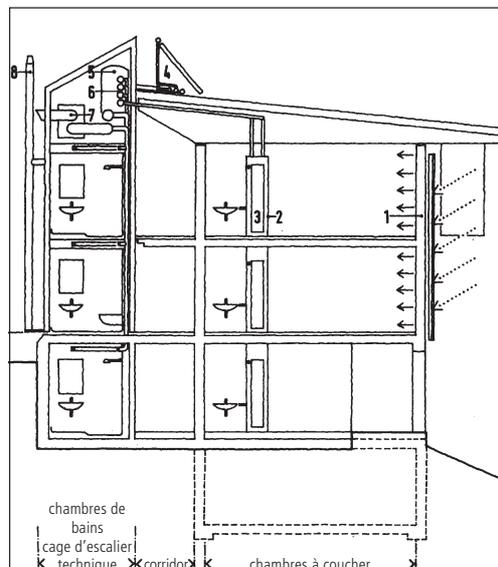
C



### Coupe de la construction

- 1 Mur de brique silico-calcaire avec protection thermique transparente et protection solaire
- 2 Mur intérieur de brique silico-calcaire, blanchi
- 3 Béton armé – sous-bassement
- 4 Pannes transversales en lamellé-collé
- 5 Poutre-caisson en contre-plaqué
- 6 Toit plat avec couverture en tôle
- 7 Toiture en tôle ondulée
- 8 Balcon suspendu

5



### Coupe de la construction

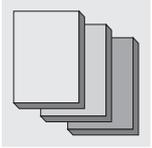
- 1 Façade sud comme surface chauffante, aération par les fenêtres
- 2 Zone armoires et installations
- 3 Corps de chauffe basse température
- 4 Conduites des capteurs
- 5 Accumulateur d'eau chaude
- 6 Répartition longitudinale de toutes les installations
- 7 Installations mécaniques de ventilation avec récupérateur de chaleur, jusque dans les salles de bains
- 8 Cheminée

6

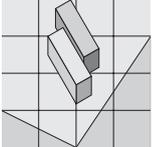
4  
Vue du nord-ouest

5  
Coupe de la construction

6  
Coupe du système  
énergétique



A



B



3



4

### Distribution des espaces et situation

Le bâtiment étroit, d'une capacité de 100 lits, est situé sur l'arête du Klosterberg de façon à ce que toutes les chambres puissent profiter de la vue sur le magnifique paysage.

De la réalisation de cet ouvrage nous pouvons retenir que les questions écologiques ont été très tôt prises en compte dans l'élaboration du projet. On pourrait même dire que la clarté de la structure et le souci d'intégration au paysage ont déteint sur le concept architectural – parallèlement à d'autres critères et exigences – et ce avec des solutions innovatrices, qui ont également contribué à la diminution des besoins énergétiques et à l'utilisation d'énergies renouvelables.

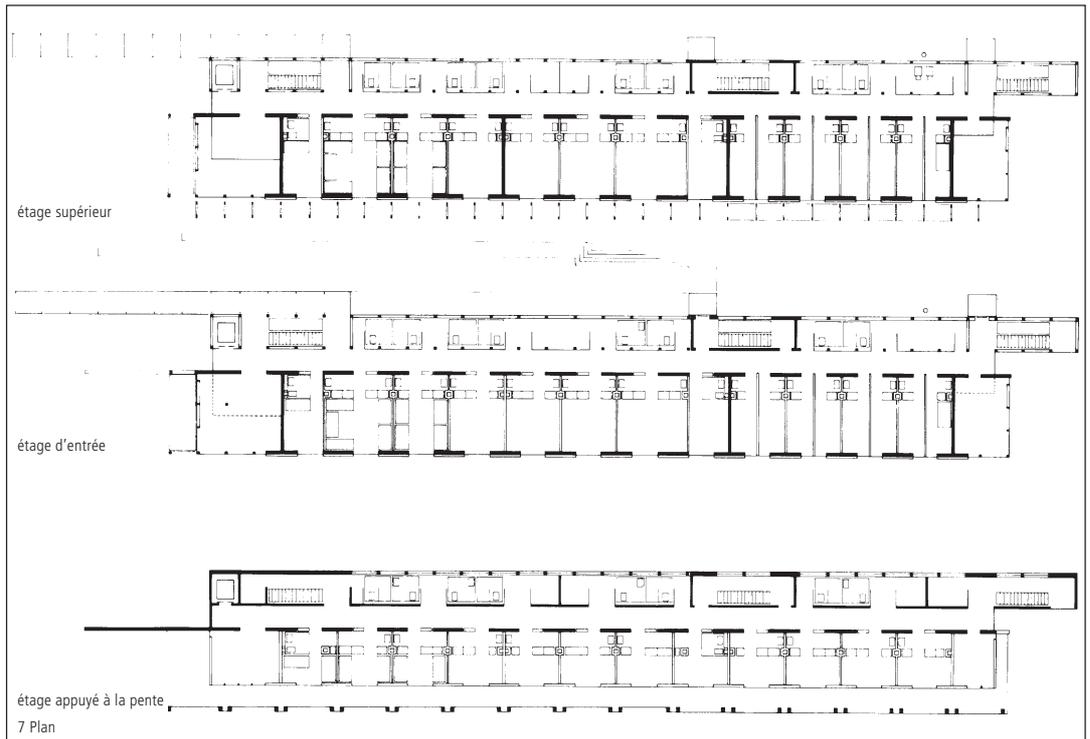
Par chance, la vue et l'orientation sud étaient convergents, permettant que les pièces principales, les chambres dans le cas présent, ne bénéficient pas uniquement de la vue mais également du soleil. Cet atout a été reconnu en vue de l'utilisation de l'énergie solaire et parfaitement exploité.



7



8



7  
Vue sur le cloître des  
Prémontrés datant du  
XII<sup>e</sup> siècle

8  
Vue sur la façade ouest,  
répartition des zones

9  
Plan, étage supérieur,  
étage d'entrée, étage  
appuyé à la pente

9

## La partie sud

La relative grande surface orientée au sud est exploitée pour les gains d'énergie directs et indirects. La chaleur est accumulée de manière passive dans le corps de la construction et restituée le soir vers l'intérieur. L'effet est optimisé par une isolation translucide posée devant le mur porteur de 30 cm en brique silico-calcaire.

Cette construction de façade, avec des fenêtres (gains directs) et des pans de murs munis d'une isolation translucide (accumulateurs), agit comme un piège à chaleur. Avec l'aide des éléments de construction intérieurs qui accumulent la chaleur et l'isolation translucide extérieure, la chaleur captée est restituée avec retard dans les pièces. La proportion de surface des éléments de façade a été soigneusement étudiée de manière à assurer le décalage de température. L'utilisation passive est complétée par un chauffage à radiateurs qui réagit rapidement, ce qui procure un confort de qualité avec une faible utilisation d'énergie.

La protection solaire estivale est assurée par l'avant-toit, les balcons continus à l'étage supérieur et le retrait de la façade. La partie maçonnerie des murs sud, qui jouent le rôle d'accumulateur, procure un climat agréable et égal même pendant les jours les plus chauds. Il faut protéger efficacement les fenêtres des chambres de séjour et les surfaces d'isolation transparente afin d'éviter les problèmes de surchauffe en été.

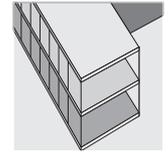
Les capteurs solaires placés sur le toit exposé au sud recueillent directement l'énergie pour les besoins d'eau chaude. Une base idéale pour placer des capteurs tubulaires a été étudiée en profitant du toit incliné en direction du sud. Parallèlement à l'intégration réussie des capteurs solaires avec les autres toits alentour, il faut relever la parfaite adaptation du système d'amenée entre les collecteurs, les accumulateurs et les utilisateurs, que l'on a concentré dans la partie nord.



10



11



D



1



3



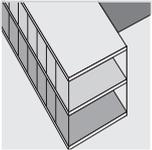
2



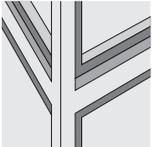
4

10  
Coupe de la façade sud,  
ombrage

11  
Vue de l'aile sud,  
réservée aux chambres  
à coucher



D



E



1

## La partie nord

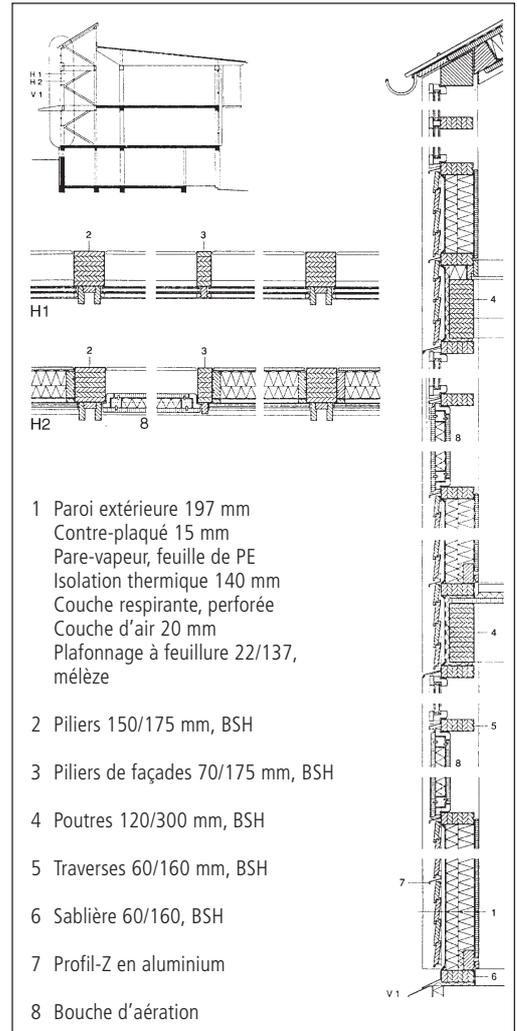
La partie nord avec les bains et les pièces annexes sert d'espace tampon. Elle est construite avec une structure en bois et protégée par une isolation de 14 cm d'épaisseur. Les petites ouvertures sont équipées de verre isolant.

Cette partie, conçue comme construction légère fortement isolée, nécessite des besoins de chaleur ponctuels plus élevés. Elle est équipée d'un chauffage à air réagissant rapidement, économe en énergie, avec récupération de chaleur.

Une installation capable de ventiler 10 fois leur volume, renouvelle l'air pendant l'utilisation des locaux sanitaires. Les pertes thermiques sont faibles grâce à l'installation de récupération de chaleur.



12



13

12  
Façade nord,  
construction boisée  
avec des montants  
verticaux

13  
Façade nord,  
coupe et détail

14  
Vue sur l'aile avec  
les espaces  
attenants du N-W



14

## Le quotidien dans l'auberge

Les pièces orientées au sud sont ventilées par les fenêtres. L'aération des pièces annexes se fait automatiquement en fonction de l'utilisation avec un détecteur de présence. Durant les chaudes journées estivales, les résidents au sud peuvent se protéger du soleil avec des stores intérieurs et profiter de nuits plus fraîches pour évacuer la chaleur accumulée grâce à une aération transversale.

Pour assurer une bonne utilisation de l'énergie solaire passive, il faut accepter des fluctuations de température dans les pièces situées au sud.

Il faut régulièrement entretenir et nettoyer la couverture transparente de l'isolation translucide et les capteurs.

Un panneau d'information à l'entrée du bâtiment explique les différents composants de cette construction novatrice.

La disposition des installations facilite la compréhension des diverses fonctions et la complexité de leurs interrelations. En même temps, la séparation architecturale claire entre les zones facilite l'entretien et le remplacement des composants techniques du bâtiment.



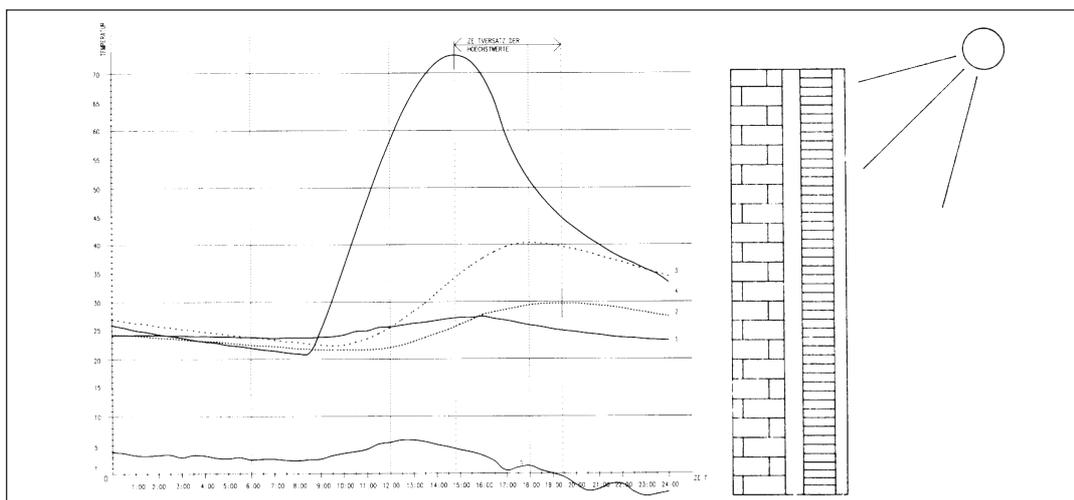
15



16



F



17

15  
Zone d'entrée,  
de l'intérieur

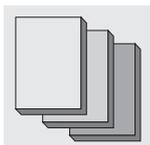
16  
Zone intermédiaire,  
éclairage naturel

17  
Schéma de la  
température murale,  
évolution

### Bibliographie complémentaire:

- Thomas Herzog, Bauten 1978–1992, Stuttgart 1992
- Deutsche Bauzeitschrift DBZ, 1992/1
- Deutsche Bauzeitung db, 1992/8
- arcus, Architektur und Wissenschaft, Köln 1991
- KS Neues, 1/92

## Centre de services d'une grande banque à Lugano-Suglio, Tessin (CH)



A



F

Manno-Suglio est situé dans le Sottoceneri au nord-est de Lugano, entre l'autoroute et la voie ferrée à l'est et une route principale régionale à l'ouest. Sur le plan de la construction, les références alentour sont peu nombreuses, ce qui ne confère que plus d'importance à la mise en valeur architecturale du bâtiment pour lui-même.

Ce projet de centre administratif est élaboré dès 1990 par les architectes Dolf Schnebli, Tobias Amman et Flora Ruchat-Roncati (collaborateur Sacha Merz), en collaboration étroite avec une équipe d'ingénieurs. Le bâtiment est actuellement en construction et sera prêt à être exploité en 1997.

Un vaste cahier des charges a servi de base au mandat architectural, dont l'étude a été conduite de manière exemplaire dans le cadre d'un projet global. Ce cahier des charges comprenait les données préalables pour une consommation d'énergie la plus basse possible, données placées sur un même plan que les exigences d'exploitation et d'organisation.



18



19

18  
Vue du nord-est  
(maquette)

19  
Vue d'ensemble de  
l'ouest

## Distribution de l'espace et situation

Ce centre de services comprend, outre l'espace réservé à l'occupation d'environ 700 personnes avec les installations techniques que cela comporte, l'infrastructure nécessaire à une banque régionale (centre de calculs, école bancaire, cuisine, etc.).

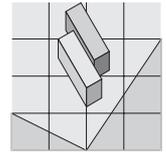
De l'extérieur le bâtiment, hétérogène de par ses multiples fonctions, avec ses constructions périphériques, impose une image relativement fermée. C'est un moyen de lutter contre les sources de nuisances sonores, ce qui est utile surtout du côté est.

La disposition en peigne des espaces de travail contre l'espace intérieur du carré favorise la possibilité d'utiliser

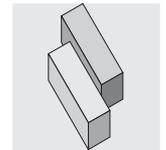
longtemps la lumière naturelle pour les bureaux situés sur les façades orientées sud-est, sud-ouest et nord-ouest.

Soulignons que la disposition des volumes – bâtiments périphériques apparentés combinés à un volume intérieur relativement soudé – ne laisse pas apparaître de prime abord qu'il s'agit d'une construction optimisée d'un point de vue énergétique.

Les utilisateurs et les visiteurs doivent bénéficier d'une ambiance de travail confortable et agréable auquel contribuent pour beaucoup la qualité de la lumière naturelle et un climat ambiant contrôlé.



B



C



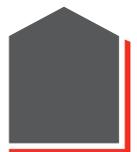
2



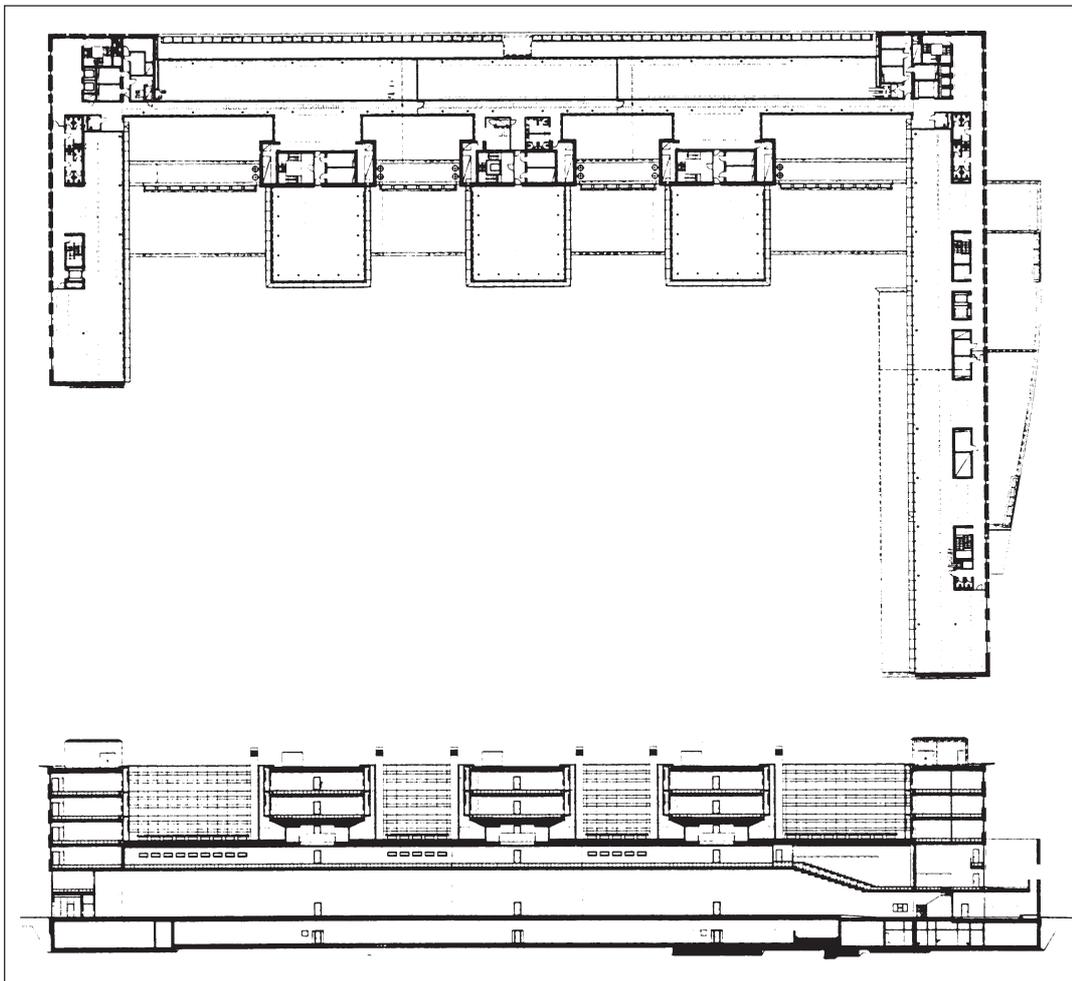
3



4

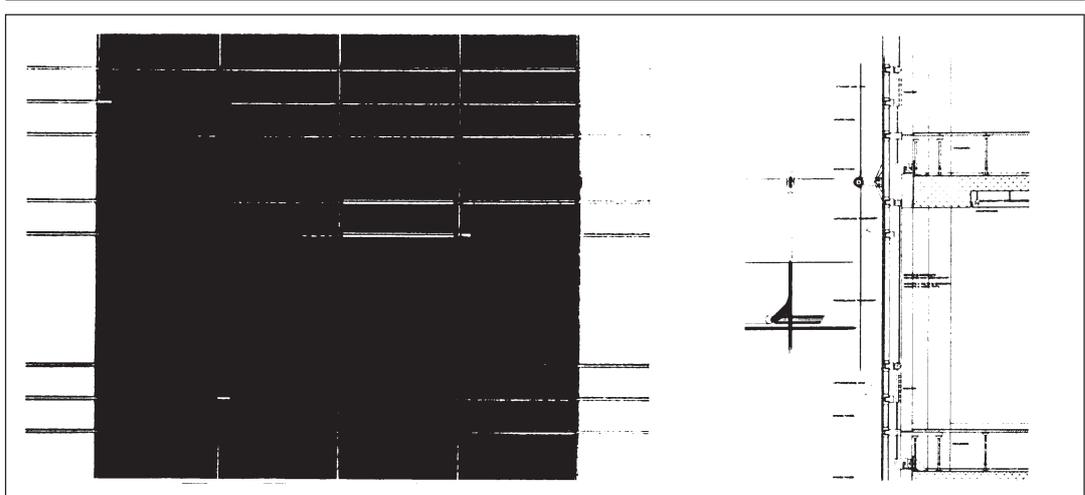


5

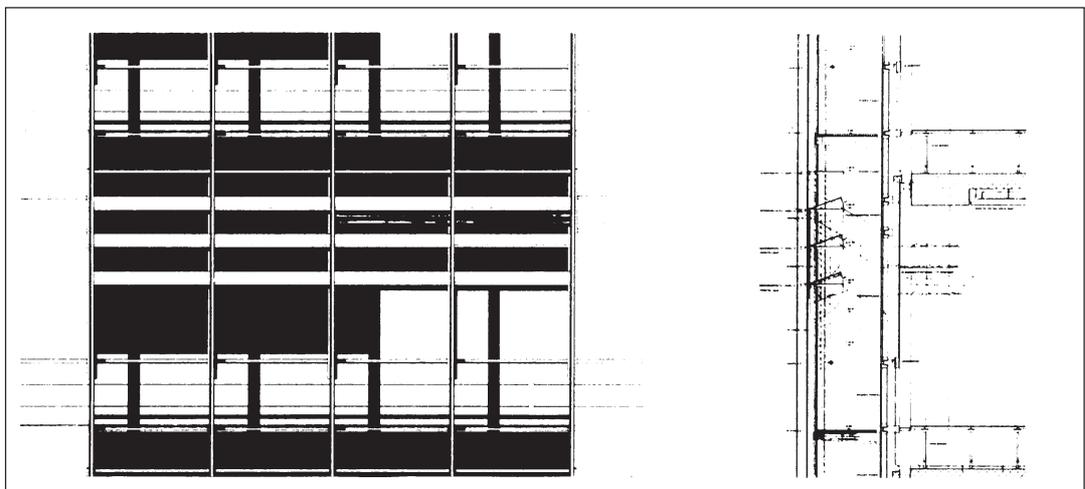


20

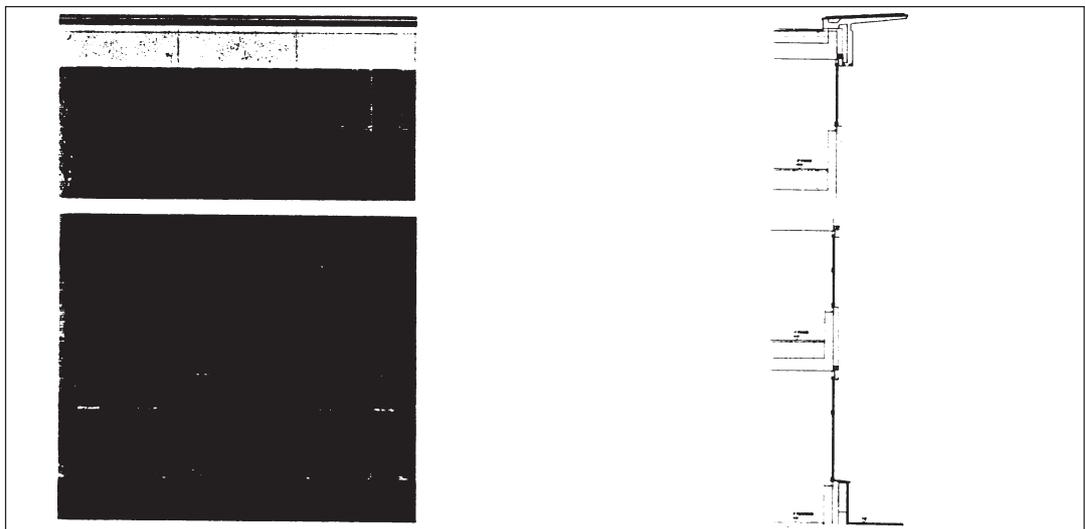
20  
Plan  
de l'étage supérieur,  
coupe longitudinale



21



22



23

21  
Façade nord,  
vue/coupe

22  
Façade ouest-est-sud,  
vue/coupe

23  
Façade est-ouest,  
vue/coupe

## Corps des bâtiments et disposition

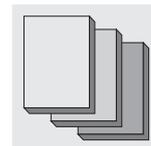
Contrairement aux bâtiments d'habitations, ce ne sont pas les besoins d'énergie pour le chauffage qui apparaissent comme une préoccupation prioritaire dans les bâtiments administratifs, mais plutôt les dépenses de fonctionnement des appareils de bureau et le refroidissement des nombreux rejets thermiques. Il est possible de profiter de ces dégagements de chaleur en hiver lorsqu'ils sont récupérés pour le chauffage. En été par contre, il faut veiller à ne pas cumuler charges internes et rayonnement solaire afin de ne pas rendre indispensable une climatisation.

De ces réflexions élémentaires on peut déduire que la compacité d'un volume se prêtant à de multiples activités diurnes n'a pas la même incidence dans le cas d'un appartement utilisé en permanence. Un développement plus grand des surfaces pour une moindre profondeur de plancher peut présenter de nombreux avantages pour l'optimisation de la lumière naturelle, permettant également l'aération naturelle, un confort agréable des places de travail et une flexibilité maximum d'utilisation.

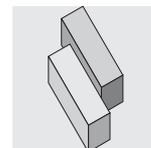
## Réduction des besoins d'énergie

Les conditions préalables fixées actuellement lors de l'étude de projet et qui nous semblent aller de soi, n'entraient même pas en considération au cours de ces trois dernières décennies. Les conditions préalables d'alors visaient des valeurs maximales d'utilisation auxquelles on rajoutait encore une réserve. Ces résultats, pour les rejets thermiques attendus des appareils de bureau par exemple, servaient de base de travail pour le technicien en ventilation, qui avait mission de refroidir ces dégagements théoriques de chaleur au prix de grandes dépenses. Avec pour conséquence l'élévation du besoin de puissance électrique, etc. Les besoins augmentant en spirale pour servir de base aux études de projets, le résultat ce sont ces bâtiments suréquipés que nous connaissons et que nous utilisons à contre-cœur.

Il en va tout différemment pour le bâtiment en question: lors de la fixation des exigences, tous les besoins ont été analysés de manière critique, conduisant dans le domaine électrique par exemple à une puissance installée représentant seulement le 20% de celle d'un bâtiment administratif traditionnel. Les 80% restants ont été soit économisés, soit produits de manière autonome sous forme d'énergie renouvelable. Le toit est équipé d'une installation photovoltaïque d'une puissance de 200 kW.



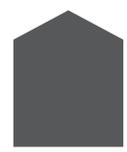
A



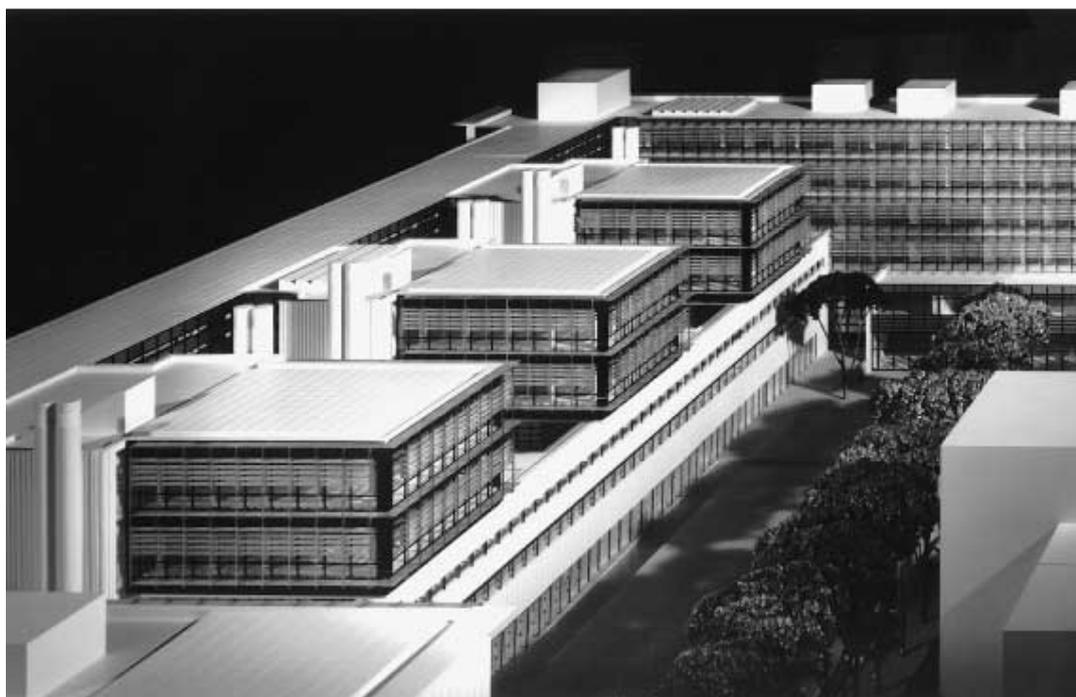
C



3

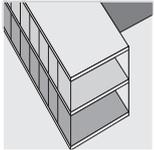


5

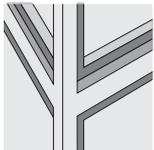


24  
Vue sur la cour intérieure.  
Façade de bureaux  
(maquette)

24



D



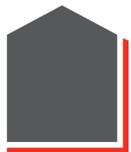
E



2



3



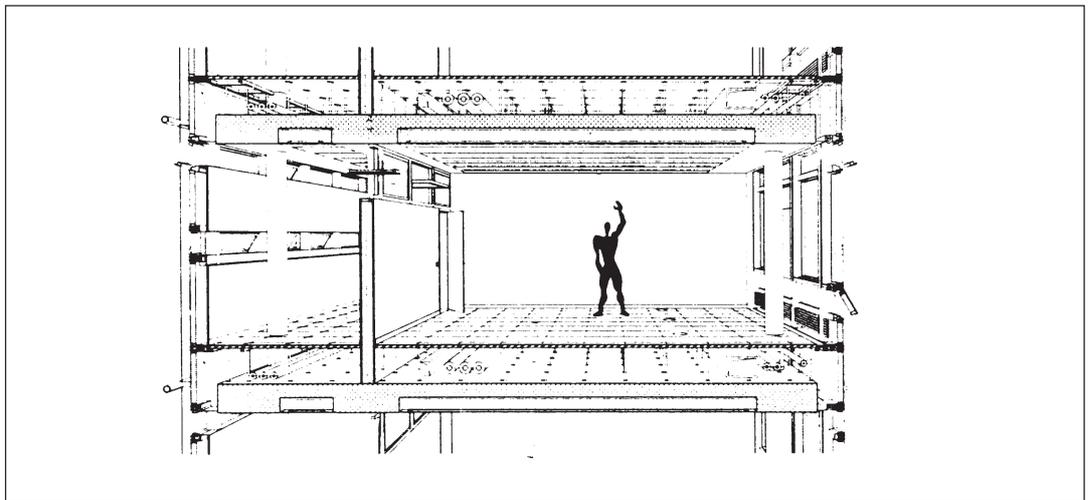
5

### Construction et installations du bâtiment – écologie et économie

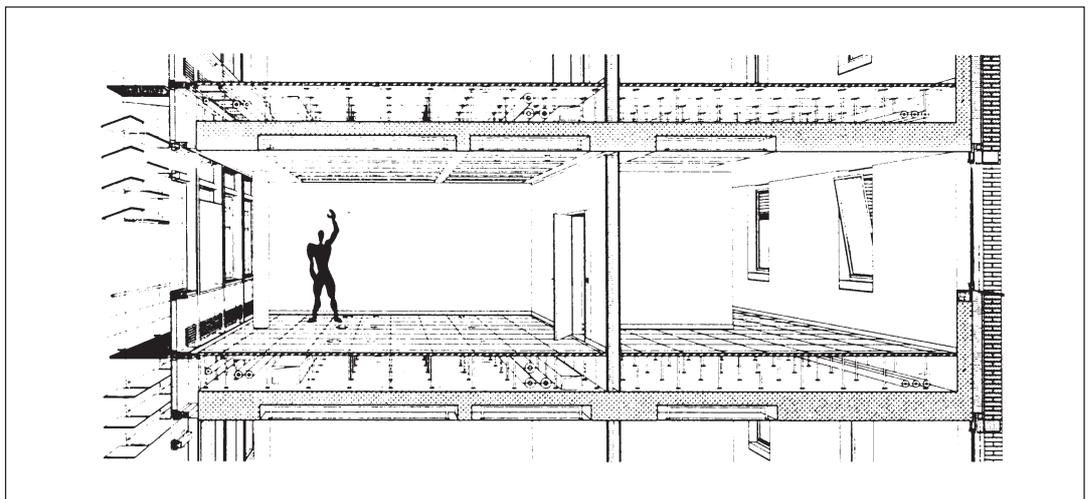
Dans ce bâtiment administratif de conception résolument novatrice, la question de la façade apparut dans toute sa complexité, puisqu'il fallait à la fois que la lumière puisse pénétrer profondément dans les pièces tout en contrôlant l'intensité du rayonnement solaire. Au moyen de prismes de protection solaire et de lamelles orientables contre l'éblouissement (façade ouest, est et sud), on a obtenu une profondeur suffisante de deux places de travail ne nécessitant qu'à de rares exceptions la lumière artificielle, alors que le recours à une installation de ventilation est prévu lorsque la température ambiante n'est plus garantie par l'ouverture des fenêtres ou le refroidissement statique.

Cette complexité nous permet de comprendre qu'une partie des coûts d'investissement consacrée aux installations techniques du bâtiment se soit reportée sur les façades et la construction de l'enveloppe. Simultanément, en raison de moindres frais d'entretien et d'exploitation il se dégagera des économies qui, à long terme, permettront de rentabiliser les surcoûts occasionnés par l'enveloppe.

Les efforts d'économie placés comme des objectifs lors de l'établissement du projet, de la réalisation et de l'exploitation du bâtiment ont été consentis pour des raisons ouvertement écologiques et économiques. La contradiction apparente entre ces deux aspects se résout d'elle-même lorsque l'on considère le tout et que l'on renonce à optimiser uniquement certains éléments isolés comme cela se pratique habituellement.



25



26

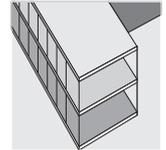
25  
Module de bureau,  
côté nord

26  
Module de bureau,  
côté est

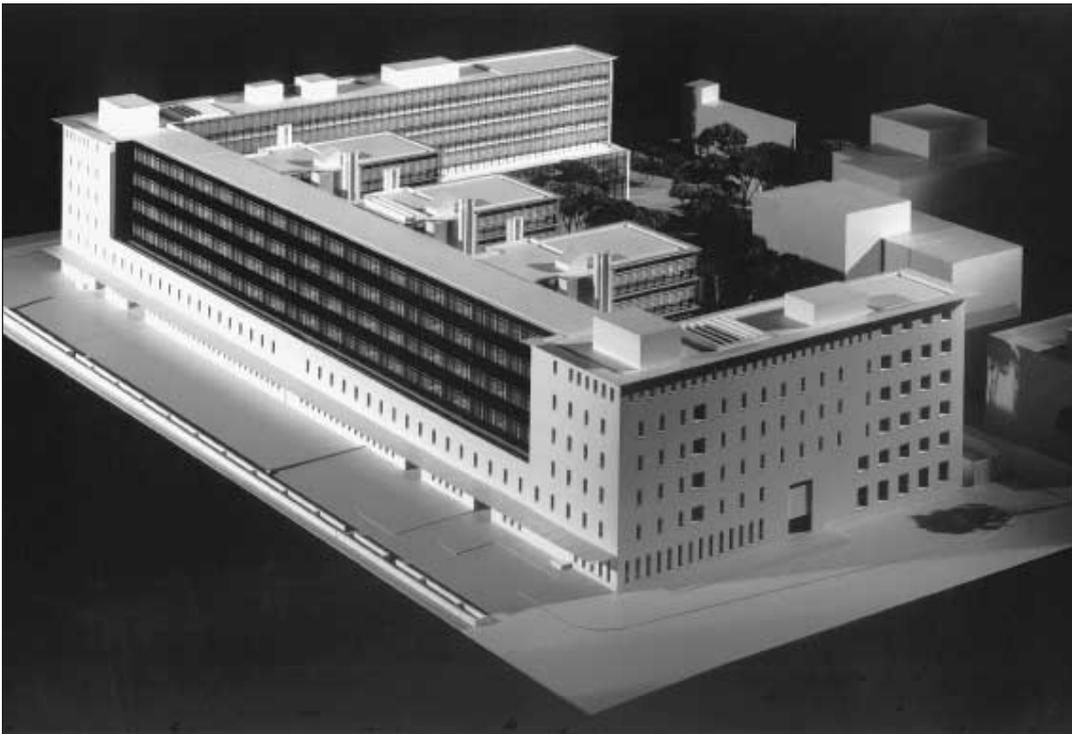
Lors de la construction du gros œuvre, l'énergie grise a été sévèrement contrôlée. Les plafonds en béton ne sont pas rhabillés, mais nervurés, offrant ainsi une surface apte à remplir la fonction d'accumulateur et des possibilités d'intégration entre les nervures d'éléments acoustiques absorbants ou de plafonds réfrigérants selon les nécessités. Pour l'aménagement, cela implique l'abandon des plafonds suspendus, éléments systématiques des aménagements actuels, et de cohabiter avec la structure de construction apparente. Les installations électriques et de ventilation sont situées dans le double plancher. Une ventilation naturelle, sans apport mécanique, est utilisée partout où cela est possible.

Pour obtenir une réduction sensible de l'utilisation d'énergie primaire, la couverture des importants besoins complémentaires est assurée par une installation de couplage chaleur-force qui fonctionne au gaz.

La production de froid provient directement de la nappe phréatique moyennant une faible différence de température. Une bonne séparation entre les eaux claires et les eaux usées permet de grandes économies dans les domaines du rinçage et du lavage. Le bac de récupération de l'eau de pluie sert de surface rafraîchissante et constitue un élément architectural attrayant.



D



27

27  
Vue d'ensemble  
du nord (maquette)

Repères bibliographiques:

- Schweizerische Bankgesellschaft, zahlreiche interne Publikationen seit 1991
- Hochparterre, 1992/10, S.24–27



# Bibliographie

Références complètes des ouvrages cités aux pages 62–69

## A

### Architecture solaire

Un choix qui s'impose, 1992  
Diffusion PACER, EPFL-LESO, Lausanne

## B

### Balkonenverglasungen – Passivsolare Elemente bei Sanierungen und Umbauten

Materialen zu PACER (seulement en all.)  
Programme d'action PACER  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.210.2 D, Berne, 1993

### Bautechnik der Gebäudehülle

Bau und Energie – Leitfaden für Planung und Praxis,  
Band 4  
Marco Ragonesi  
Editeur Christoph Zürcher  
vdf Verlag der Fachvereine, Zürich, 1993

## C

### Chauffages centraux au bois – Principes de base pour l'étude et l'exécution de projets

Programme d'impulsions Installations du bâtiment  
N° OCFIM 724. 623 f, Berne, 1989

### Centrales photovoltaïques

Outils pour le dimensionnement et la réalisation d'installations autonomes ou raccordées au réseau  
Programme d'action PACER  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724. 243 f, Berne, 1996

### Chauffe-eau solaires

Programme d'impulsions Installations du bâtiment  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.622 f, Berne, 1988

### Chaleur par le bois

Programme d'impulsions Bois  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.650 f, Berne, 1988

## E

### Eclairage (l') intérieur par la lumière du jour

Recommandations de l'Association suisse de l'éclairage,  
SN 418911  
Association suisse des électriciens (ASE), Zurich, 1989

### Eclairage dans les bureaux

Programme d'impulsions RAVEL  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.329. 2 f, Berne, 1993

### Eclairage – Éléments d'éclairagisme

Programme d'impulsions RAVEL  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.329. 1 f, Berne, 1993

### Electricité (l') à bon escient – Manuel RAVEL

Programme d'impulsions RAVEL  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.302 f, Berne, 1993

### Electricité et chaleur

Programme d'impulsions RAVEL  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.357 f, Berne, 1995

## H

### Handbuch der passiven Sonnenenergienutzung

Mark Zimmermann  
SIA Dokumentation D 010 / Bundesamt für Energie-  
wirtschaft  
Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich,  
1986

## I

### Installations techniques des bâtiments: situation actuelle

Programme d'impulsions Installations du bâtiment  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.601 f, Berne, 1996

### Installations (les) solaires thermiques

Programme d'action PACER  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724. 214.f, Berne, 1993

### Interne Wärmelasten von Betriebsanrichtungen

Materialen zu RAVEL, Impulsprogramm RAVEL  
(seulement en all.)  
Bundesamt für Konjunkturfragen  
EDMZ 724.397.32.51 D, Bern, 1992

### Isolation thermique des systèmes de toitures à pans inclinés

Programme d'impulsions Bois  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.806 f, Berne, 1990

## J

### Jardins d'hiver

Docu Verre 05  
Institut suisse du verre dans le bâtiment, Zurich

## L

### Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle

Impulsprogramm Holz (seulement en all.)  
Bundesamt für Konjunkturfragen  
EDMZ 724.987 D, Bern, 1990

### Luftkollektorfassaden – Passivsolare Elemente bei Sanierungen und Umbauten

Materialen zu PACER, Impulsprogramm PACER  
(seulement en all.)  
Bundesamt für Konjunkturfragen  
EDMZ 724.210.3 D, Bern, 1993

---

**Lüftungstechnik – Aktuelles Wissen aus Theorie und Praxis**

Impulsprogramm Haustechnik (seulement en all.)  
Bundesamt für Konjunkturfragen  
EDMZ 724.618 D, Bern, 1988

**M**

**Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung**

Materialien zu RAVEL, Impulsprogramm RAVEL  
(seulement en all.)  
Bundesamt für Konjunkturfragen  
EDMZ 724.397.31.56 D, Bern, 1992

**P**

**Passive Sonnenhäuser**

Peter Schlegel / Charles Filleux  
SIA Dokumentation D 011 / Bundesamt für Energie-  
wirtschaft  
Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich

**Photovoltaïque et architecture**

Othmar Humm / Peter Toggweiler  
Programme d'action PACER  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.203 d/f/i/e, Berne, 1993

**Photovoltaik: Dachmontagesysteme**

Impulsprogramm PACER (seulement en all.)  
Bundesamt für Konjunkturfragen  
EDMZ 724.246 D, Bern, 1993

**Pompes à chaleur**

Programme d'impulsions RAVEL  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.356 f, Berne, 1993

**Production d'eau chaude solaire**

Dimensionnement, montage, mise en service, entretien  
Programme d'action PACER  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.213 f, Berne, 1994

**R**

**Récupération de chaleur et utilisation des rejets thermiques**

Programme d'impulsions RAVEL  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.355 f, Berne, 1995

**S**

**SIA 180 Isolation thermique des bâtiments**

Norme, 1988, SN 565 180  
Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich

**SIA 380/1 L'énergie dans le bâtiment**

Recommandation, 1988, SN 565 380/1  
Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich

**SIA 381/2 Données climatiques relatives à la recommandation 380/1 «L'énergie dans le bâtiment»**

Recommandation, 1988, SN 565 381/2  
Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich

**SIA 382/2 Puissance de réfrigération à installer dans le bâtiment**

Recommandation, 1992, SN 565 382/2  
Société suisse des ingénieurs et des architectes, Zurich

**Soleil et architecture – Guide pratique pour le projet**

Programme d'action PACER  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.212 f, Berne, 1991

**Systèmes de chauffage pour maisons à basse consommation d'énergie**

Programme d'impulsions Installations du bâtiment  
Office fédéral des questions conjoncturelles  
N° OCFIM 724.609 f, Berne, 1987

**V**

**Vitrage thermo-isolant**

Docu-verre 10  
Institut suisse du verre dans le bâtiment, Zurich

**W**

**Wärmebrückenatlas 2 – Verbesserte Neubaudetails**

Conrad U. Brunner / Jürg Nänni  
SIA Dokumentation D 078  
Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich,  
1992

**Wärmebrückenatlas 3 – Altbaudetails**

Conrad U. Brunner / Jürg Nänni  
SIA Dokumentation D 0107  
Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich,  
1993

**Wärmeschutz und Energie im Hochbau**

element 29  
Ralph Sagelsdorff / Thomas Frank  
Schweiz. Ziegelindustrie, Zürich, 1990