

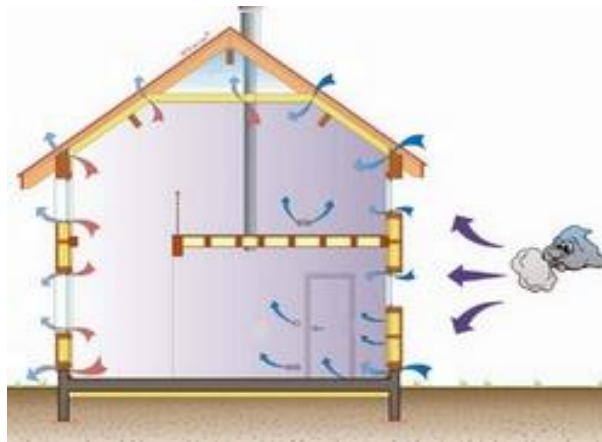
### 3. Les solutions d'efficacité énergétique passives

#### Introduction

Nous avons choisis d'organiser les solutions d'EE en trois catégories distinctes, qui ont trait à leurs rapports à l'énergie utilisée, ainsi la première catégorie dite passive regroupe toutes les solutions qui n'exigent pas une consommation énergétique pour leurs fonctionnements (conception, ventilation naturel, solaire passif, vitrage, isolation) à l'inverse de la catégorie active où une source d'énergie est requise, la troisième catégorie celle du comportement humain concerne le choix et l'utilisation raisonnée des usages énergétiques dans le bâtiment.

#### 3.1. La compacité d'un bâtiment

La compacité c'est la représentation du rapport entre le volume habitable et l'ensemble des surfaces de déperdition.

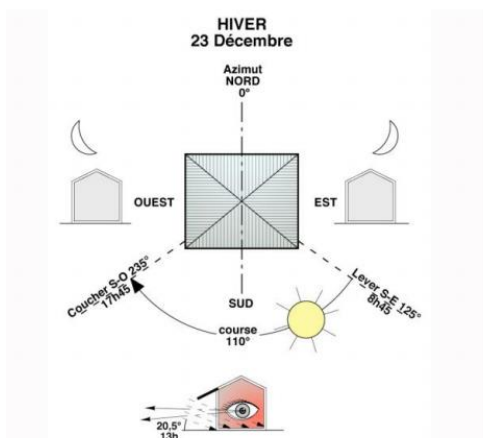


**Figure 3.1.** Zone de déperdition thermique

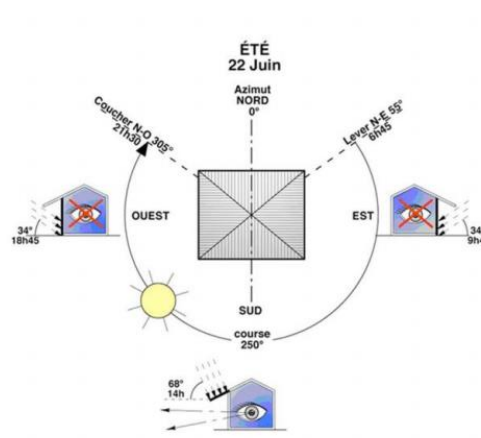
Le choix de la compacité du bâtiment est une source très importante d'économie aussi bien en énergie qu'en investissement. Les pertes de chaleur sont en fonction de la surface des parois en contact avec l'extérieur ou avec le sol : pour un même volume et une même surface, une habitation plus compacte consomme moins d'énergie.

#### 3.2. L'orientation :

Le soleil est souvent recherché l'hiver alors qu'on essaye de s'en protéger l'été ; les figures ci-contre (figure 3.2.a et figure 3.2.b) montrent la course du soleil suivant la saison :



**Figure 3.2.a.** Course du soleil l'hiver



**Figure 3.2.b.** Course du soleil l'été

- En hiver, la course du soleil est limitée et seules les façades orientées au Sud apportent un complément solaire significatif par rapport aux besoins de chauffage.
- L'été, la course du soleil est beaucoup plus longue et plus haute. Les façades Est et Ouest font l'objet de surchauffe et devront être équipées de dispositifs de protection. Il est préférable pour le logement quand cela est possible, une orientation Nord/Sud (c'est-à-dire qui offre une plus grande façade au sud), car cette orientation est la plus passivement profitable et donne le meilleur compromis entre apports de chaleur et apports lumineux en toute saison (apports solaires d'hiver facilement maîtrisables l'été) ; les expositions plein-Est et plein-Ouest nécessitent des protections solaires en été, difficilement compatibles avec les apports lumineux. Veiller à éviter une mono-exposition nord des logements en privilégiant les bâtiments traversant (accès à deux façades opposées) ou bi-orientés.

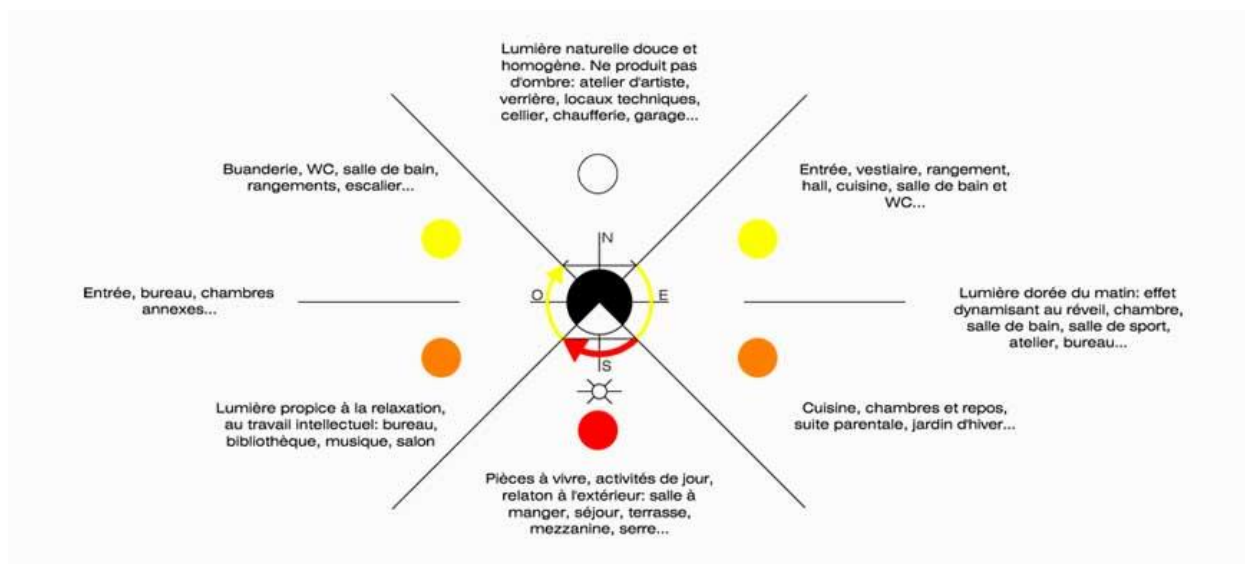
Considérer la trajectoire des vents pour favoriser la ventilation naturelle nocturne l'été, source de rafraîchissement (Agence TEKHNE architectes, Mai 2006).

Les paramètres de l'orientation sont déterminants et liés à la destination des lieux :

- Les besoins en lumière.
- L'utilisation des rayons solaires pour chauffer.
- Le besoin de se protéger du soleil contre les surchauffes.
- La présence de vents dominants froids de l'hiver (on diminue ainsi la consommation de chauffage).
- L'ensoleillement des pièces orientées au sud est le plus facile à maîtriser. L'ensoleillement d'hiver est maximal et l'ensoleillement d'été minimum (DOMUS Matériaux Écologiques).

### 3.3. Répartition des pièces :

En matière d'orientation et d'architecture le travail du concepteur doit consister à combiner au mieux apports du soleil d'hiver et protections du soleil en été et en mi saison :



**Figure 3.3.** Répartition des pièces.

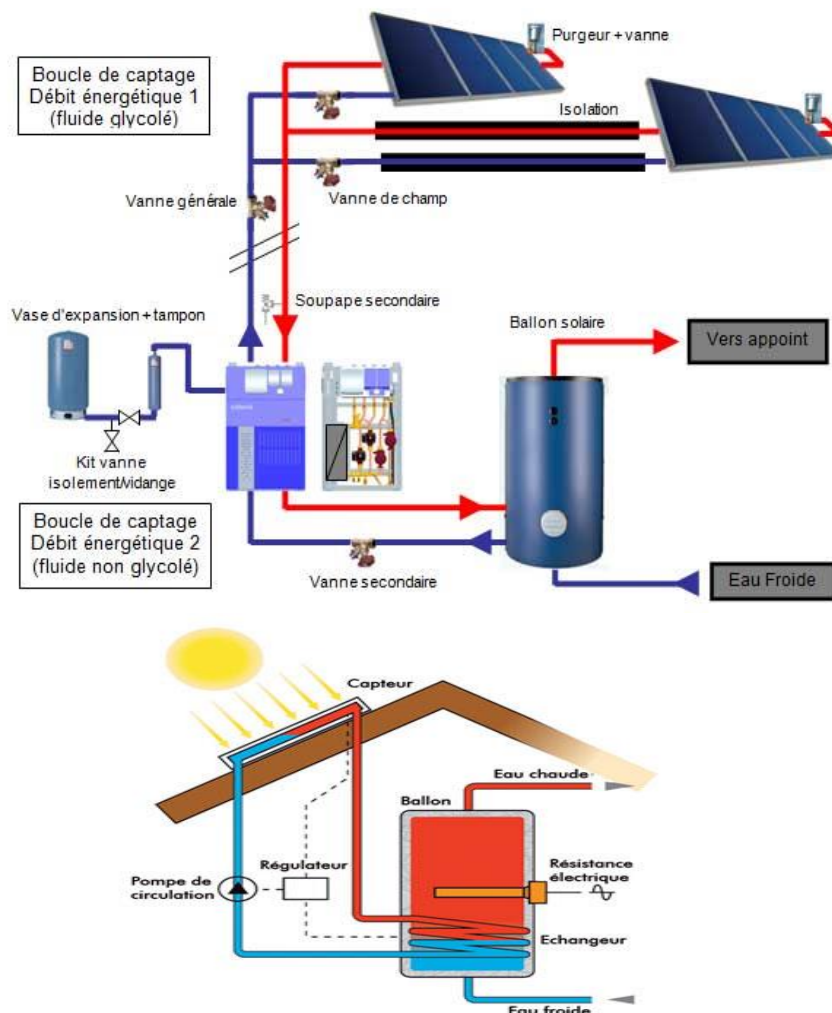
- Les pièces occupées en permanence durant la journée devraient de préférence être orientées au sud.
- Les chambres seront plutôt situées au sud et à l'est, profitant du lever du soleil. Elles garderont ainsi leur fraîcheur en fin de journée.
- Veiller à limiter dans la cuisine les apports solaires sur les vitrages sud-ouest, souvent générateurs de surchauffe.

- Une serre ou véranda placée au sud permet, tout en apportant de la chaleur en hiver, de créer un espace intermédiaire entre l'intérieur et l'extérieur.
- Les espaces peu ou non chauffés (entrée, atelier, garage) seront plutôt disposés à l'ouest ou au nord. Si le vent est souvent violent, un sas d'entrée sera nécessaire pour éviter que l'air froid ne s'infilte dans la maison.
- regrouper les pièces qui sont moins chauffées en général.
- regrouper les points de puisage d'eau chaude sanitaire et les rapprocher de la production.

### 3.4. Solaire passif:

Le solaire passif fait appel à trois principes : le captage, le stockage et la distribution de l'énergie du soleil.

La conception attentive d'un bâtiment solaire permet : d'utiliser les gains solaires reçus pour les besoins de chauffage instantané et de stocker le reste sous forme de masse thermique intrinsèque ou de dispositifs de stockage expressément conçus à cette fin.



**Figure 3.4.**Schéma explicative pour un panneau solaire (Solaire passif)

### 3.5. L'éclairage naturel :

L'importance de l'éclairage naturel s'impose du fait qu'il permet une réduction significative de la consommation de l'énergie dans le bâtiment. Le système visuel de l'homme, au cours de son évolution, s'est parfaitement adapté aux caractéristiques de la lumière naturelle fournie par le soleil. C'est la raison pour laquelle son efficacité lumineuse est nettement supérieure à celles des principales sources d'éclairage artificiel. A flux lumineux égal, l'éclairage naturel amène deux à trois fois moins de chaleur au local que l'éclairage artificiel. Ceci est particulièrement important lorsque l'éclairage artificiel représente (par ses pertes thermiques) une des principales charges de climatisation.

**3-5-1- L'éclairage par les fenêtres :** garantit le contact visuel indispensable avec l'extérieur et présente peu de risques d'infiltrations d'eau par pluie battante. Il présente cependant des inconvénients : l'éclairage n'est pas uniforme sur le plan de travail, et la luminosité peut être trop élevée au voisinage des fenêtres. L'apport significatif de lumière par un vitrage vertical est limité à une distance correspondant à deux fois la hauteur supérieure de la fenêtre, soit environ 3 à 4 mètres.

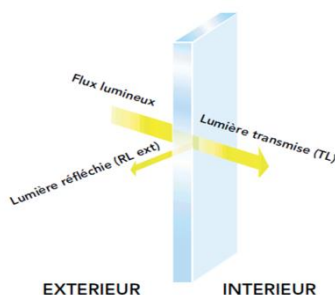
**3-5-2- L'éclairage par le plafond :** (appelé aussi éclairage zénithal) a une efficacité bien supérieure à l'éclairage par les fenêtres, même par ciel couvert. La lumière provient en effet de la partie centrale du ciel, plus lumineuse. L'éclairement est alors plus uniforme durant toute la journée, et donne une lumière diffuse sans zones d'ombres. L'éclairement par le plafond est très bien adapté aux locaux profonds ou aux plans de travail pour éviter de recourir trop tôt dans la journée à l'éclairage artificiel. Par contre, il présente des inconvénients : le risque d'infiltration d'eau et d'exposition à la poussière est plus important que pour une fenêtre; une ouverture en plafond mal isolée peut provoquer d'importantes pertes thermiques hivernales (Salomon, et al., 2004). L'Algérie possède des potentialités très valables et des occasions exceptionnelles, à savoir :

- l'ensoleillement excessif et donc la disponibilité d'un éclairement favorable à longueur d'année sur la plupart des régions du pays (environ 3300 heures/an).
- l'héritage d'un patrimoine urbanistique et architectural vernaculaire attestant l'existence d'un très riche répertoire référentiel de stratégies spatiales relatives à l'éclairage naturel. La lumière naturelle est non polluante, gratuite et parfaitement adaptée à notre confort visuel, la capter avec efficacité c'est découvrir un véritable gisement

#### 3.5.3. Typologies des fenêtres :

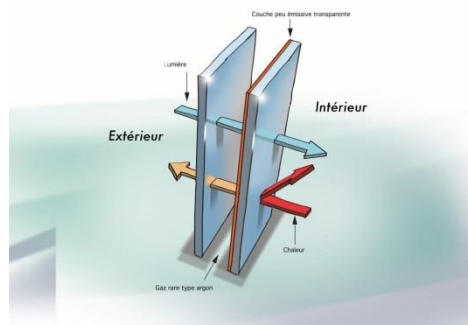
Comme une vitre ne laisse pas passer 100% du rayonnement solaire reçu, il est aisé de comprendre que plus une fenêtre comportera de couches vitrées, plus elle bloquera le rayonnement. En pratique, cette constatation peut être utile pour bien choisir ses vitres :

- **le simple vitrage** est le moins performant thermiquement mais laisse passer quasiment les calories solaires.



**Figure 3.5.3.a : fenêtre à simple vitrage**

- **le double vitrage** est moins performant thermiquement que le triple vitrage mais laissera davantage passer les calories solaires.



**Figure 3.5.3.b** : fenêtre à double vitrage

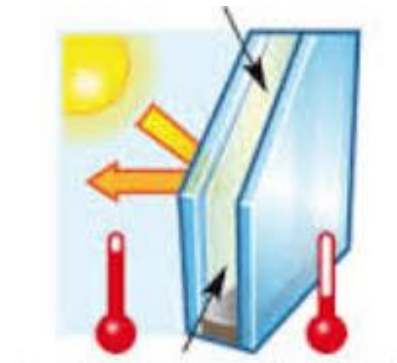
- **le triple vitrage** reste plus isolant que le double vitrage mais freinera davantage les calories solaires qui ne pourront pas arriver dans la maison. Comme la performance des fenêtres dépend de plusieurs critères à savoir les types des matériaux, la conception, l'étanchéité et l'isolation ...etc. ces critères sont à prendre en considération pour déterminer le type des fenêtres:
- **La fenêtre basse émissivité** : possède un film métallique fixé sur l'intérieur des vitres du double vitrage. Ce film permet la réflexion de la chaleur vers l'extérieur en été et l'arrêt du froid hivernal.



**Figure 3.5.3.c** : fenêtre à triple vitrage

- **La fenêtre à isolation renforcée** : est une fenêtre basse émissivité qui voit l'air contenu dans son double vitrage remplacé par un gaz rare (argon, krypton). Ce gaz rare permet de freiner la perte des calories de façon plus efficace que l'air classique.

#### Gaz isolant .Argon



**Figure 3.5.3.d** : La fenêtre à isolation renforcée

### 3.6. Protection solaire :

De nombreux types de protections solaires existent : permanentes ou fixes (vitrages spéciaux, films autocollants, auvents, avancées architecturales), mobiles (stores extérieurs, volets). Le choix d'une protection solaire doit se faire en fonction de l'orientation de la fenêtre. Si possible, elle maintiendra la possibilité de bénéficier d'une lumière naturelle suffisante

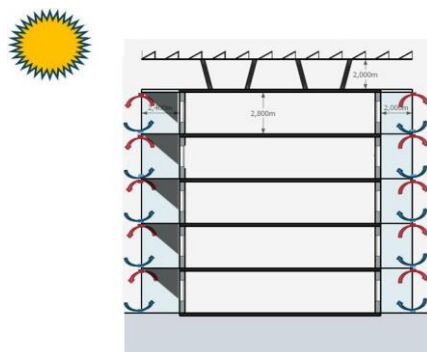
#### 3.6.1. Les protections mobiles :

Stores extérieurs, claustras, panneaux coulissants, etc. Elles sont utilisées en fonction des besoins, et permettent une protection efficace en été tout en bénéficiant des apports solaires en hiver. Les protections solaires placées à l'intérieur du bâtiment : Sont peu efficaces, elles laissent en effet pénétrer le soleil dans la pièce avant de transformer le rayonnement en chaleur. Par contre, elles permettent d'éviter le rayonnement direct sur une personne. Si elles n'influencent pas la température, elles n'en ont pas moins un impact sur le confort ressenti.

#### 3.6.2. Les protections permanentes :

Au sud, la longueur des protections solaires permanentes doit être comprise entre une fois et une fois et demie la hauteur de la fenêtre. Au sud, ces éléments restent de dimensions raisonnables. À l'est et à l'ouest, pour atténuer le soleil rasant, ceux-ci deviennent disproportionnés. Les protections permanentes ne permettent pas d'atténuer totalement le rayonnement diffus qui, selon les périodes de l'année, représente une part importante du rayonnement global (Office fédéral de l'énergie OFEN, Maison des cantons).

Deux types de protections permanentes sont à considérer:



**Figure 3.5.3.d :** Les protections permanentes (avancées architecturales)

Auvents, avancées architecturales, etc. : Elles offrent une protection différente selon la position du soleil. Leur dimensionnement doit donc être correctement réalisé pour être efficaces. Par exemple, pour qu'un auvent protège complètement une fenêtre orientée au Sud lorsqu'au solstice d'été le soleil est au zénith, il faut que sa profondeur soit au moins égale à la moitié de la hauteur de la fenêtre

#### 3.6.3. Protection végétal :

Le principe de la toiture végétale (aussi : toit vert ou toit végétalisé) existe depuis la préhistoire. Il consiste à recouvrir d'un substrat végétalisé un toit plat ou à faible pente (jusqu'à 35° et rarement plus, au-delà, on parlera de mur végétalisé). Selon l'épaisseur de substrat et le degré d'arrosage souhaité, on pourra faire une plantation de type extensive, semi-extensive ou intensive. La toiture végétalisée présente de nombreux avantages, tant sur le plan de l'esthétique et de la durabilité, que dans une perspective de protection de la biodiversité et de l'environnement en milieu urbain.

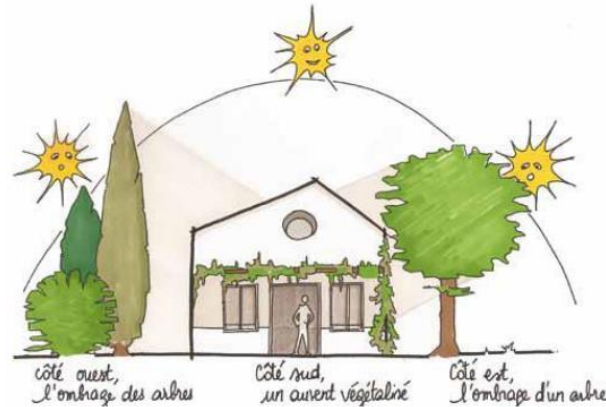


**Figure 3.6.3.** Toit jardin pour protection solaire



### 3.6.4. Protection végétale des murs :

Le mur végétal est une paroi qui s'élève parallèlement aux murs du bâtiment à protéger. Selon son orientation et sa composition, le mur vert servira à la fois d'écran contre les vents dominants, les intempéries, le bruit, l'ensoleillement mais également la pollution. Il peut jouer un rôle en matière de microclimat et de qualité de l'air.



**Figure 3.6.4.** Le mur végétal (protection solaire)

### 3.7. Isolation :

#### 1.7.1. Les types d'isolants :

Plusieurs familles d'isolants coexistent sur le marché. Le classement peut se faire suivant le mode d'isolation:

- **Isolation par emprisonnement d'air** : Ces isolants piègent l'air dans les petites cavités qui se trouvent entre leurs fibres. Or l'air immobile est un excellent isolant avec un coefficient de conductivité thermique très faible. A savoir tous les isolants à base de fibres :
- Minérales (laines de verre, laines de roche,...)



**Figure 3.7.1.a.** Laines de verre  $\lambda = 0.030$  à  $0.040$



**Figure 3.7.1.b.** laines de roche  $\lambda = 0.034$  à  $0.040$

- Animales (laines de mouton, plumes de canard,...)



**Figure 3.7.1.c** Laine de mouton  $\lambda = 0.039$  à  $0.042$

- Végétales (fibres de bois, ouate de cellulose, chanvre, lin,...)



**Figure 3.7.1.d.** Fibres de bois  
 $\lambda = 0.038$  à  $0.060$

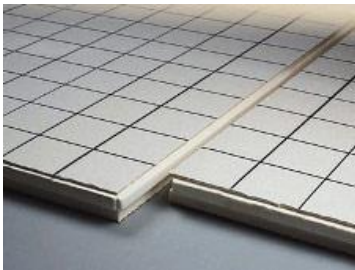


**Figure 3.7.1.e.** Ouate de cellulose  
 $\lambda = 0.038$  à  $0.040$

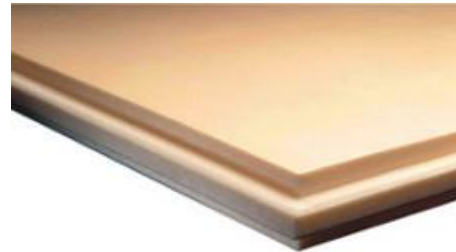


**Figure 3.7.1.f.** Laine de chanvre  
 $\lambda = 0.041$  à  $0.044$

- Isolation par gaz piégé : Le principe est le même que celui de l'air immobile mais dans ces isolants, l'air est remplacé par un gaz ayant un coefficient de conductivité thermique plus faible que celui de l'air. C'est le cas par exemple des mousses de polyuréthane, du polystyrène expansé et du polystyrène extrudé.



**Figure 3.7.1.g.** Mousses de polyuréthane  $\lambda = 0.030$  à  $0.038$

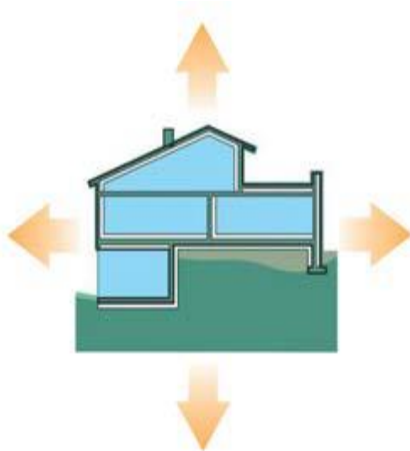


**Figure 3.7.1.h.** Polystyrène extrudé  $\lambda = 0.021$  à  $0.028$

Isolation par le vide : Le vide est le meilleur isolant possible car, en l'absence de matière, les déperditions de chaleur par conduction et par convection ne peuvent pas s'opérer. Seul le transfert par rayonnement est possible

### 3.7.1. La bonne isolation thermique

Toutes les sources de déperdition de chaleur à savoir les murs les sols, les planchers et les toitures.  
D'abord on a deux types d'isolation (extérieur et intérieur).



**Figure 3.7.1.a:** Déperditions thermiques.



**Figure 3.7.1.b:** Maison isolée.

- **Isolation intérieur**

L'isolation rapportée par l'intérieur permet de traiter aisément les jonctions avec les menuiseries, portes, balcons ... ainsi que celles avec les isolations des combles et toitures.

Pour respecter les conditions de confort d'été, la masse des murs n'étant pas en contact avec les volumes intérieurs, il sera pertinent de composer avec des parois intérieures lourdes.



**Figure3.1.2.c : Isolation intérieur**

- **Isolation extérieur**

L'isolation thermique par l'extérieur permet de supprimer les ponts thermiques au niveau des planchers intermédiaires et des refends. Elle permet également de tirer partie de l'inertie des murs pour récupérer les apports solaires en hiver et pour réduire l'inconfort en été.

En revanche ce type d'isolation implique des précautions spécifiques de mise en œuvre pour garantir le traitement thermique de la jonction avec les planchers bas, les encadrements de fenêtre, portes, loggias, balcons ... et les acrotères des toitures plates ou les combles.

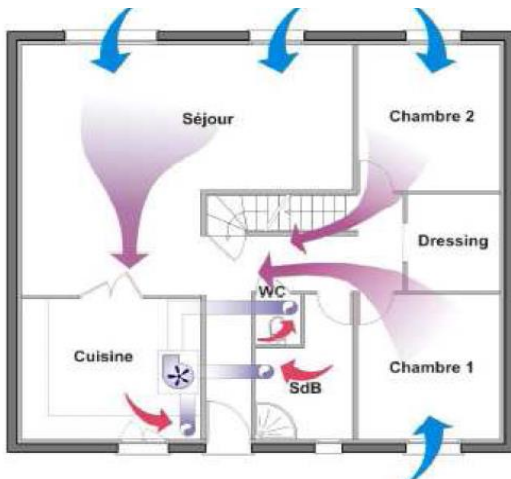
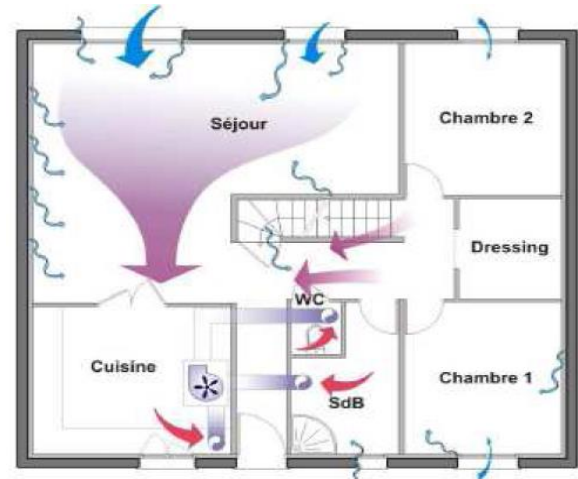
Le groupement de mur manteau a écrit des solutions de traitement des points singuliers en isolation par l'extérieur.



**Figure 3.3.1.d. Isolation extérieur.**

### 3.8.1. Améliorer l'étanchéité à l'air de la maison

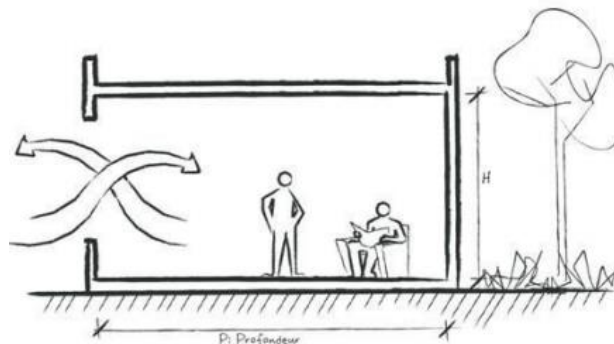
Les fuites d'air peuvent être présentées à plusieurs endroits comme les jonctions entre la fenêtre et le mur, la toiture et les murs, coffre de volet roulant...donc la bonne construction d'une maison à basse consommation faut donner la bonne étanchéité d'air. Cette méthode consiste à préserver l'hygiène et la qualité d'air intérieur pour ventiler les pièces en ont besoin ainsi que le confort thermique et la conservation de la maison (l'air expulse vers l'extérieur refroidie en particule dans l'isolant).

**Logement étanche****Logement avec fuite**

**Figure 3.8.1:** Logement étanche et logement avec fuites.

**3-9-Ventilation naturelle :****3.9.1. Les types de ventilation naturelle :**

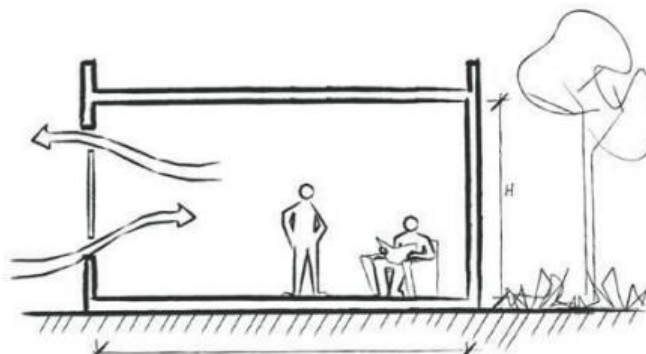
- **Ventilation d'un seul côté :** mono exposé Elle n'est pas adaptée si la façade donne sur une rue bruyante, ou une source de pollution. Il est recommandé que l'ouvrant ait une hauteur d'au moins 1,5m.



**Figure 3.9.1.a.** Ventilation d'un seul côté.

- **Ventilation mono-exposée ouverture double :** Ventilation transversale:

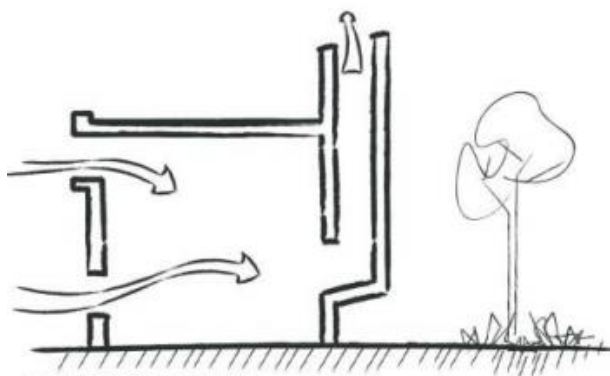
Intégrer des dispositifs facilitant le passage de l'air, tels que des grilles de transfert.



**Figure 3.9.1.b.** Ventilation mono-exposée ouverture double.

### ➤ Ventilation par cheminées :

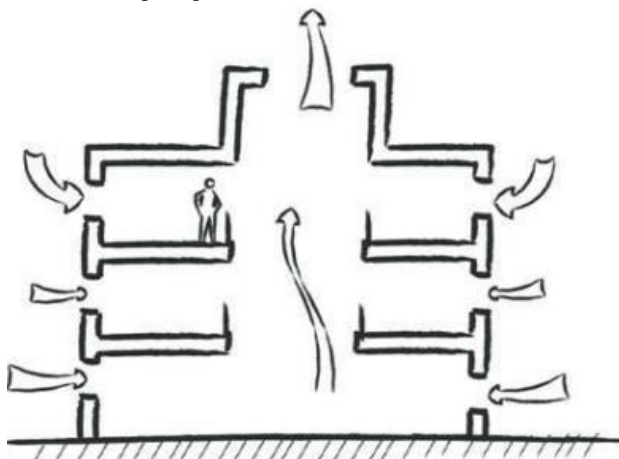
C'est un cas de ventilation transversale, donc la règle de moins de 5 fois la hauteur sous plafond pour la longueur de la zone ventilée s'applique. Le point essentiel à respecter est que l'air dans la cheminée soit plus chaud que l'air ambiant. Les cheminées solaires sont une bonne solution à cette problématique.



**Figure 3.9.1.d.** Ventilation par cheminées.

### ➤ Ventilation par atrium

L'intérêt de l'atrium est que le volume de bâtiment que l'on peut ventiler naturellement est doublé par rapport au cas précédent de la cheminée placée sur un côté, puisque l'entrée d'air se fait des deux côtés du bâtiment, tandis que l'extraction se fait au milieu.



**Figure 3.9.1.e.** Ventilation par atrium.

## 3-10. Comportement des consommateurs:

Aucun progrès significatif en matière d'efficacité énergétique ne pourra être fait sans mobilisation des citoyens en tant que consommateurs. Ainsi le rôle du consommateur se résume dans le choix des équipements, leurs gestions et enfin la maintenance. Voici à titre indicatif une série de mesures et prérogatives à suivre :

### 3.10.1 La performance des équipements :

Pour réduire sa consommation électrodomestique, quatre types d'actions sont possibles :

- Choisir impérativement un appareil très performant : Lors de l'achat ou du remplacement d'un appareil électroménager ou d'une ampoule électrique.
- Etudier le dimensionnement des appareils : Un surdimensionnement implique Inévitablement une surconsommation.
- Supprimer toutes les veilles possibles dans le logement : Lorsque certains appareils ne sont pas utilisés, ils continuent pourtant à consommer de l'énergie.

- Préférer les appareils séparés au lieu d'appareils combinés : La consommation de l'ensemble est toujours moindre.
- S'arranger en cuisine pour rendre impossible la juxtaposition des appareils de production de froid et de cuisson (plaques, cuisinière ou four).

### 3.10.2. L'éclairage :

Profiter de la lumière naturelle :

Organisez vos activités (en cuisine...) et disposez votre ameublement (bureau, fauteuil...) en fonction de l'éclairage naturel afin de limiter le recours à l'éclairage artificiel.

### 3.10.3.Éclairer efficacement :

Les lampes « basse consommation » durent 6 à 7 fois plus longtemps que les ampoules à incandescence et permettent de réaliser entre 75 et 80 % d'économies d'énergies

### 3.10.4. Contrôle protection solaire et gestion des volets :

Pour des locaux occupés en permanence, une régulation manuelle sera efficace si l'occupant est conscient de la nécessité de se protéger du soleil dès qu'il apparaît. Il ne faut en effet pas attendre d'avoir trop chaud pour abaisser le store. Dans les locaux inoccupés en journée, par exemple des logements en semaine, il suffira, en été, de veiller à fermer les volets ou à abaisser les stores le matin avant de partir, pour éviter une montée en température des locaux pendant la journée.

La gestion des volets en hiver. L'ouverture des volets pendant la journée permet de profiter des apports solaires, leur fermeture la nuit permet de réduire les consommations de chauffage.

La gestion des protections solaires et de l'ouverture des fenêtres en été pour, à la fois, se protéger du soleil et profiter de la rafraîchissement naturelle et gratuit qu'offre l'air extérieur la nuit

## 3. 2. Les solutions d'efficacité énergétique actives

L'efficacité énergétique dite « active » (EEA). Basée sur une offre de produits performants et de systèmes intelligents de régulation, d'automatismes et de mesure. L'efficacité énergétique active permet de :

- réduire la facture énergétique.
- réduire les consommations d'énergie.
- améliorer la qualité et la disponibilité de l'énergie en consommant l'énergie juste nécessaire.

Ces solutions peuvent être mises en place rapidement et présentent des temps de retour sur investissement particulièrement courts, alors que les solutions relatives au bâti, dites "passives", s'inscrivent dans des stratégies à plus long terme, impliquant des investissements qui concernent le gros œuvre.

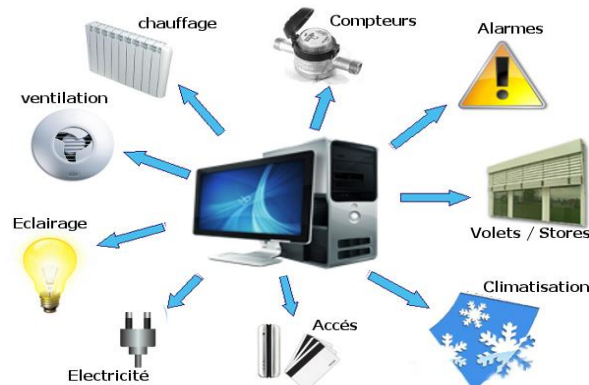
L'EEA nécessite une approche « sur mesure » prenant en compte les besoins et objectifs spécifiques de chaque client. Elle se décline en une large gamme de solutions, allant du produit performant (moteurs à haut rendement, lampe basse consommation, etc.) au contrat de performance globale et durable.

L'EEA peut être mise en œuvre soit dans le cadre d'une approche globale, soit par application. Optimisées individuellement ou de manière combinée, les actions suivantes permettent de réaliser des économies d'énergie significatives :

- La domotique.
- Production de l'énergie renouvelable.
- Matériaux intelligent

### 3.2.1. La Domotique

Regroupe des techniques d'automatisme, d'informatique, de télécommunication. Nous le savons maintenant, nos habitudes en matière de consommation d'énergie doivent changer, et ceci pour plusieurs raisons:



**Figure 3.9.1.a.** système d'informatique.

Nous devons protéger efficacement et durablement notre environnement. Les dépenses énergétiques représentent une part de plus en plus importante dans notre budget. La domotique permet de réduire nos dépenses énergétiques à moindre coût tout en augmentant notre confort.



**Figure 3.9.1.b.** système de télécommunication.

#### -Maîtrise des dépenses:

Faites la chasse au gaspillage et devenez "éco responsable".

Pilotez de façon intelligente votre système d'arrosage, coupez les appareils électriques en veille, visualisez vos



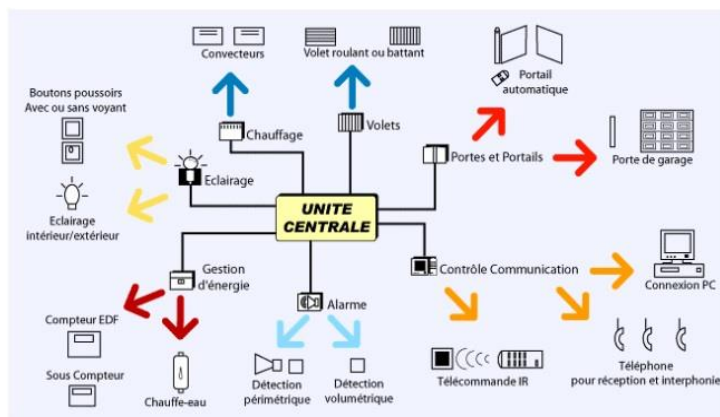
**Figure 3.9.1.c.** système de gestion d'énergie.

Consommations d'eau, de gaz, d'électricité pour voir les postes énérgivores.

### -Programmation des Appareils électriques:

Programmation des appareils à forte consommation électrique en heures creuses(\*): Machine à laver, lave-vaisselle, production d'eau chaude, etc.

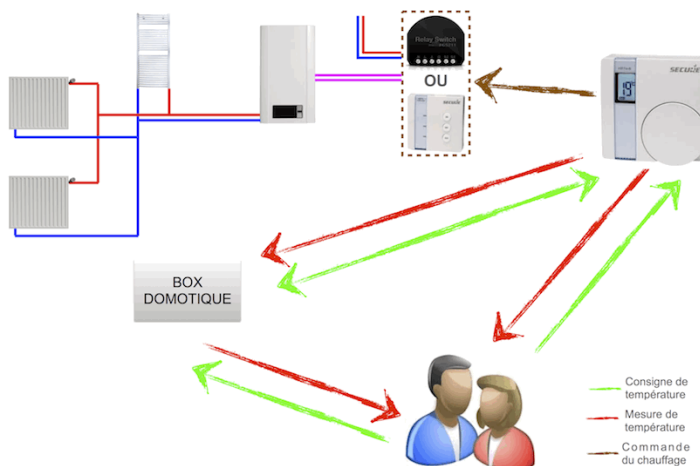
**Fonction de délestage :** Cette fonction permet de définir les priorités de fonctionnement de vos appareils électriques. Vous pouvez ainsi réduire considérablement votre facture d'électricité!



**Figure 3.9.1.d.** Fonction de délestage.

La fonction 'veille': La plupart du temps, cette fonction est inutile; nos appareils sont de plus en plus nombreux à l'utiliser. Une programmation adéquate permet de dégager des économies importantes.

**Chauffage et climatisation:** C'est certainement le poste sur lequel il est possible de réaliser le plus d'économies grâce à un pilotage intelligent:



**Figure 3.9.1.e.** gestion de Chauffage et climatisation.

- Pilotage à distance : Interface web ou depuis son téléphone portable pour superviser la mise en marche (ou l'arrêt) du chauffage ou bien adapter la température.
- Prise en compte de la météo pour régler la température des pièces. Possibilité de coupler cette fonctionnalité avec la fermeture (ou l'ouverture) des stores.
- Supervision instantanée de la consommation (fuel, gaz, électricité) avec alertes programmables.
- Arrêt du chauffage (ou de la climatisation) sur détection de fenêtre ouverte ou présence d'une source de chaleur gratuite (soleil, température extérieure).

**Eclairage:** est possible de diminuer sensiblement notre consommation



**Figure 3.9.1.f.**gestion d'éclairage.

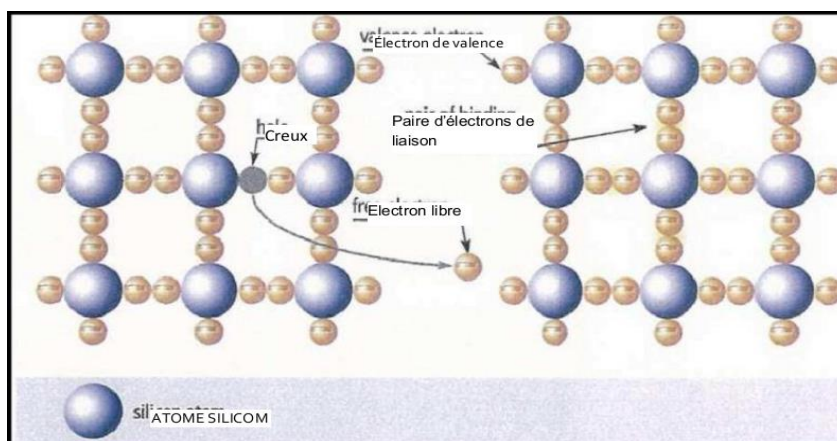
D'électricité pour le luminaire de plusieurs façons: Contrôle de l'intensité lumineuse par télécommande, détecteur de luminosité, commande vocale, etc.

Extinction générale de toutes les lumières le soir ou lors de la sortie de l'habitation: Aucune lumière ne reste allumée par inadvertance. Choix de matériel à basse consommation.

### 3.2.2. Production de l'énergie renouvelable.

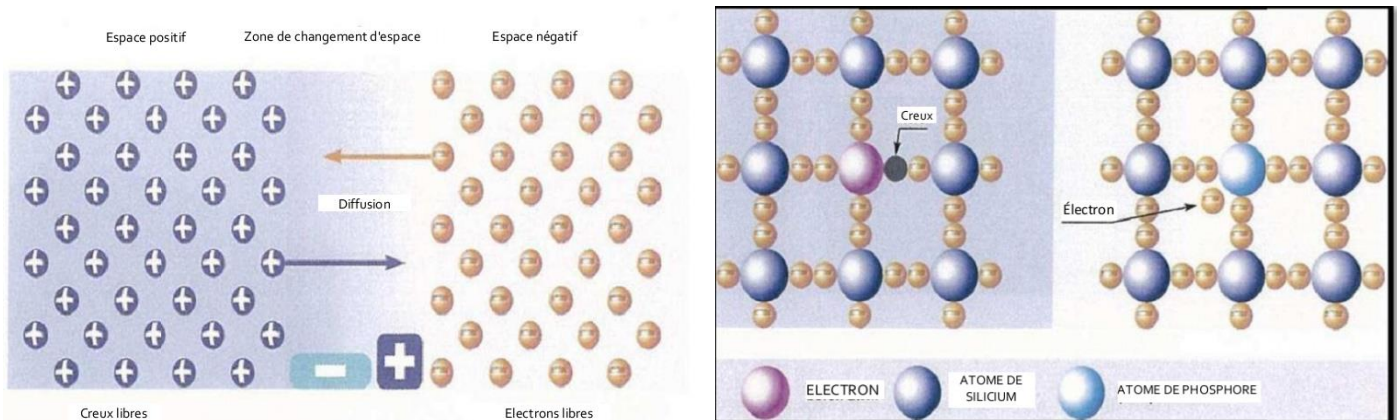
#### 3.2.3. Photovoltaïque

Ce terme désigne l'énergie fournie par les rayons du soleil. Le soleil est la source d'énergie la plus puissante et cette énergie est gratuite, il n'y a qu'à l'exploiter ! Les technologies sont réparties entre actives et passives. Les technologies actives transforment l'énergie solaire en une forme électrique ou thermique que nous pouvons utiliser directement. C'est le cas des cellules photovoltaïques qui transforment la lumière du soleil directement en énergie électrique des collecteurs solaires qui permettent de chauffer l'eau des maisons, du chauffage et du refroidissement solaire, des concentrateurs solaires qui utilisent des miroirs pour concentrer les rayons du soleil et générer une chaleur intense, transformant l'eau en vapeur et produisant de l'électricité grâce à certaines machines, et même des fours solaires. Les technologies passives consistent à bien orienter les bâtiments par rapport au soleil ou à utiliser des matériaux spéciaux et des modèles architecturaux qui permettent d'exploiter l'énergie solaire.



**Figure 3.2.3.:** Structure cristalline de silicium et de conductivité intrinsèque Source : V. Quaschnig

<sup>1</sup>: Planning and Installing Photovoltaic Systems. Guide for European commission



**Figure 3.2.3.a.** Conduction extrinsèque en silicium de n et p-enduit Source : V. Quaschnig

### Champs d'application:

Les systèmes photovoltaïques peuvent être groupés dans les systèmes autonomes et les systèmes reliés aux réseaux<sup>4</sup>

. Dans les systèmes autonomes le rendement à énergie solaire est assorti à la demande énergétique. Puisque le rendement de l'énergie solaire souvent ne coïncide pas à temps avec la demande énergétique des charges reliées, des systèmes de stockage additionnel (batteries) sont généralement utilisés. Si le système de PV est soutenu par une source d'énergie additionnelle, par exemple, un vent ou générateur diesel, ceci est connu comme système hybride photovoltaïque. Dans les systèmes reliés aux réseaux électriques publics, il fonctionne comme Un magasin d'énergie.

#### ➤ Systèmes autonomes:

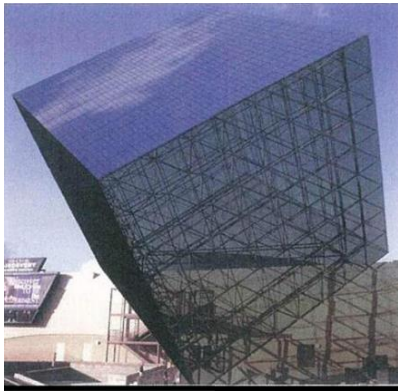
Les premières demandes rentables de l'énergie photovoltaïque étaient les systèmes autonomes. Partout où il n'était pas possible d'installer une fourniture d'électricité du réseau de service, les systèmes photovoltaïques rentables ou souhaitables autonome sa pu être installé. L'étendue des applications se développe constamment, il y a un grand potentiel pour l'usage des systèmes autonomes dans les pays, surtout ceux qui sont en voie de développement où de vastes secteurs toujours fréquemment ne sont pas assurés par un réseau électrique. Mais les innovations technologiques et les nouvelles méthodes de production plus peu coûteuses ouvrent le potentiel dans les pays industrialisés aussi. L'énergie solaire est également sur l'avance quand elle vient à de mini-applications : les calculatrices de poche, horloges, chargeurs de batterie, lampes-torches, radios solaires, etc., sont bien connues, d'autres exemples, de l'utilisation réussie des piles solaires dans des applications autonomes:

- systèmes mobiles sur des voitures, des camping-cars, des bateaux, etc.

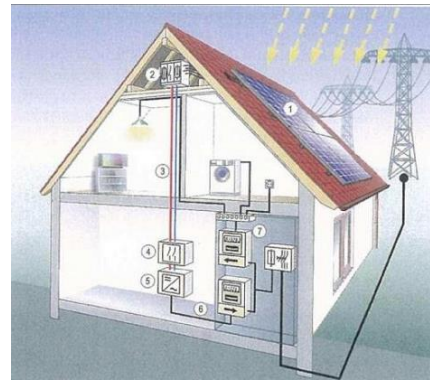
#### ➤ Système relié à un réseau:

Un système photovoltaïque relié à réseau comporte essentiellement les composants suivants:

- 1- Une rangée de Modules PV (modules multiples de PV reliés en série ou parallèles Avec des supports).
- 2- Combinateur de rangée de PV/boîte de jonction (avec le matériel de protection).
- 3- Câblage de courant continu.
- 4- Commutateurs principaux de débranchement/isolant de C.C.
- 5- Inverseur.
- 6- Câblage à C.A.
- 7- compartiment de 7 mètres avec le système de distribution d'énergie.



**Figure 3.2.3.b:** Cube relié à un réseau de PV au centre de la Science de découverte dans Santa Ana, la Californie



**Figure 3.2.3.c:** Schéma d'un système relié à un réseau de PV

#### Avantage et inconvénient des panneaux photovoltaïque

Avantages	Inconvénients
L'énergie photovoltaïque peut être installée partout, même en ville	Le coût d'investissement des panneaux photovoltaïques est élevé
L'énergie photovoltaïque est renouvelable et gratuite	Le rendement réel de conversion d'un module est faible
Sur les sites isolés, l'énergie photovoltaïque offre une solution pratique pour obtenir de l'électricité à moindre coût	Lorsque le stockage de l'énergie électrique par des batteries est nécessaire, le coût du système photovoltaïque augmente
La revente du surplus de production permet d'amortir les investissements voire de générer des revenus	Les panneaux contiennent des produits toxiques et la filière de recyclage n'est pas encore existante
Le contrat d'achat est conclu pour une durée de 20 ans	Le rendement électrique diminue avec le temps (20% de moins au bout de 20 ans)
Les systèmes photovoltaïques sont fiables : aucune pièce employée n'est en mouvement. Les matériaux utilisés (silicium, verre, aluminium), résistent aux conditions météorologiques extrêmes	
L'énergie photovoltaïque est totalement modulable et peut donc répondre à un large éventail de besoins. La taille des installations peut aussi être augmentée par la suite pour suivre les besoins de son propriétaire	
Le coût de fonctionnement des panneaux photovoltaïques est très faible car leur entretien est très réduit, et ils ne nécessitent ni combustible, ni transport, ni personnel hautement spécialisé	

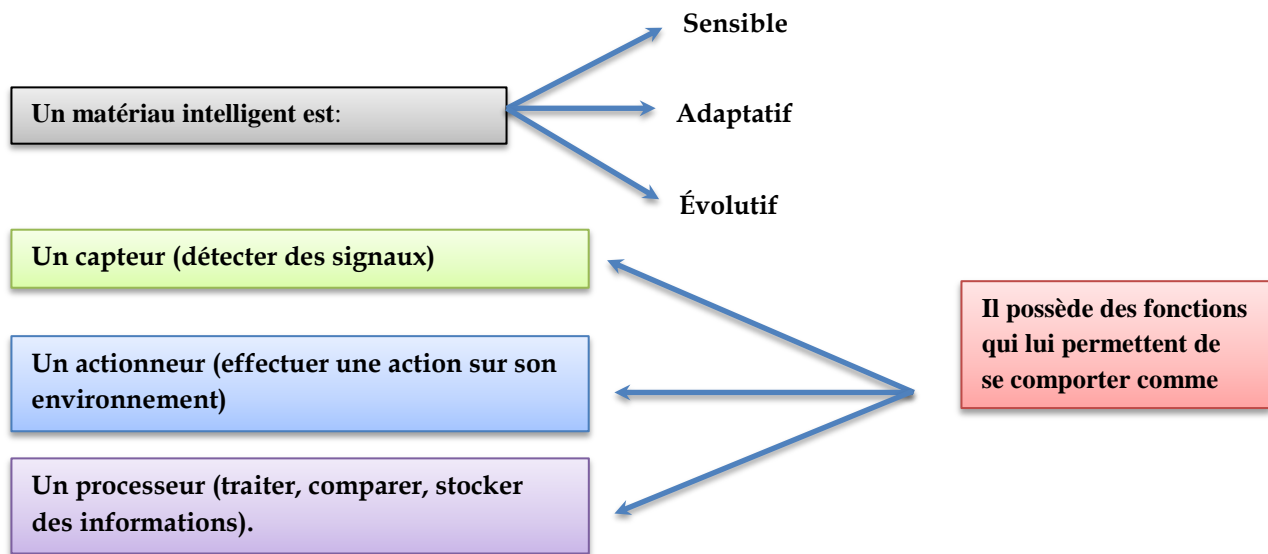
<sup>2</sup> P.GEVORKIAN, «Solar Power in building Design», 2008.

### 3.2.4. Matériaux intelligents :

Les premières civilisations se sont construites grâce à des matériaux naturels ( le bois, la pierre...), Nous avons ensuite connu, mais plus récemment, l'émergence des matières plastiques, puis des composites . Un objet naturel ou en matière plastique dépend des caractéristiques de la matière qui le constitue. Mais progressivement, les chercheurs et les ingénieurs ont eu le besoin d'utiliser des matériaux comportant eux-mêmes leurs propres fonctions. C'est l'avènement des matériaux intelligents, nés au début des années 1980. Grâce aux matériaux intelligents les fonctions sont inscrites dans la forme et dans la matière. Elle devient adaptative et évolutifs et elles s'imposent aujourd'hui dans les secteurs les plus divers, allant du bâtiment aux équipements sportif en passant par la biomédecine, la robotique ou le secteur militaire.

Parmi les différents catégories de ce type de matériaux : le piézoélectrique

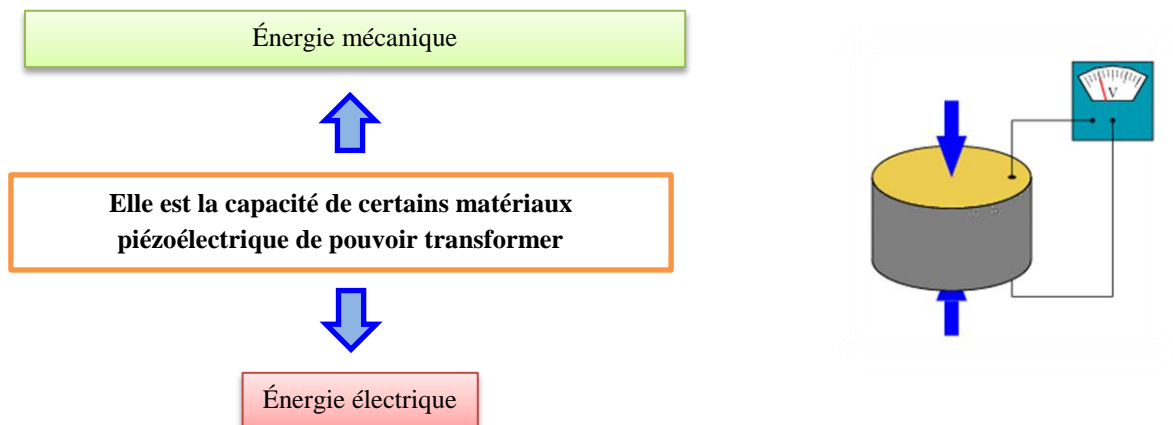
Qu'est-ce qu'un matériau intelligent ??



Ce matériau est capable de modifier spontanément ses propriétés physiques, par exemple sa forme, sa connectivité, sa viscoélasticité ou sa couleur, en réponse à des excitations naturelles ou provoquées venant de l'extérieur ou de l'intérieur du matériau.

### 3.2-5. La piézoélectricité :

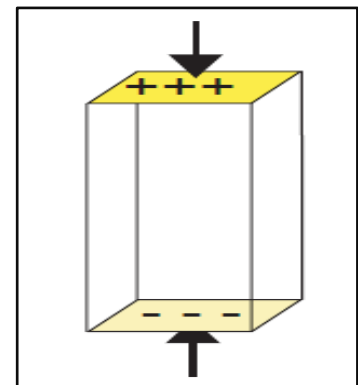
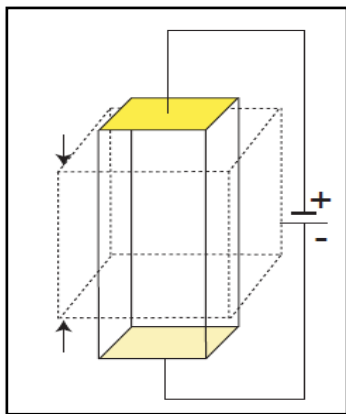
La piézoélectricité (du grec « piézein » appuyer) est une énergie renouvelable dont le principe est de produire de l'électricité grâce à une pression exercée sur un matériau piézoélectrique



La piézoélectricité a été observée qualitativement pour la première fois par l'abbé René en 1817, mais on en attribue la découverte à Pierre et Jacques Curie qui ont été les premiers à en faire l'étude en 1880.



Un piézoélectrique est un matériau qui une fois contraint (comprimé ou étiré) va se polariser, c'est-à-dire présenter un côté positif et un côté négatif, tout comme une pile.

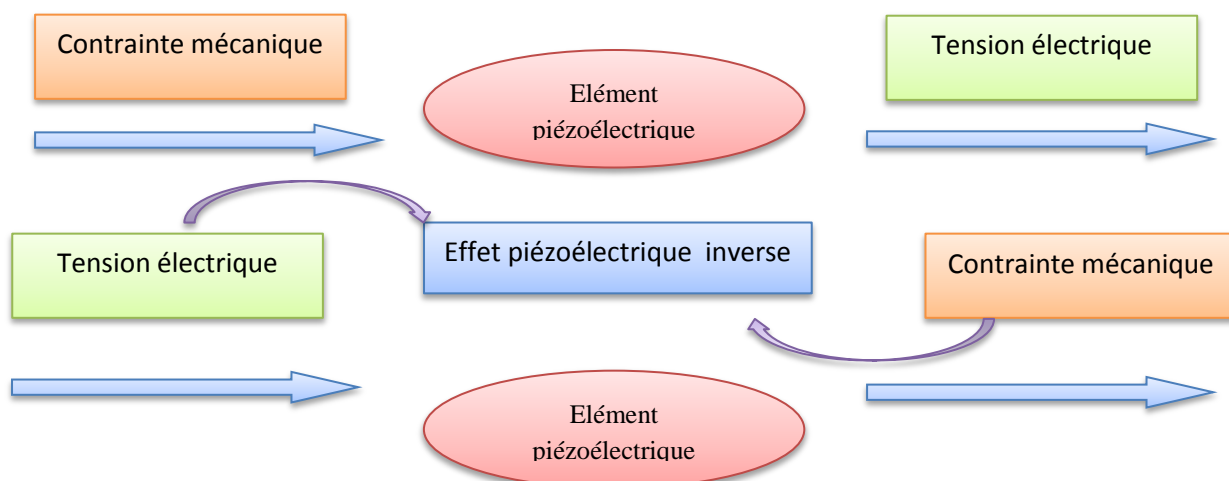


**Figure 3.2.5.a:** présenté une polarisation de piézoélectrique (c'est-à-dire présenter un côté positif et un côté négatif)

Cette polarisation est alors suffisante pour mettre les électrons en mouvement et créer un courant électrique

### L'effet piézoélectrique

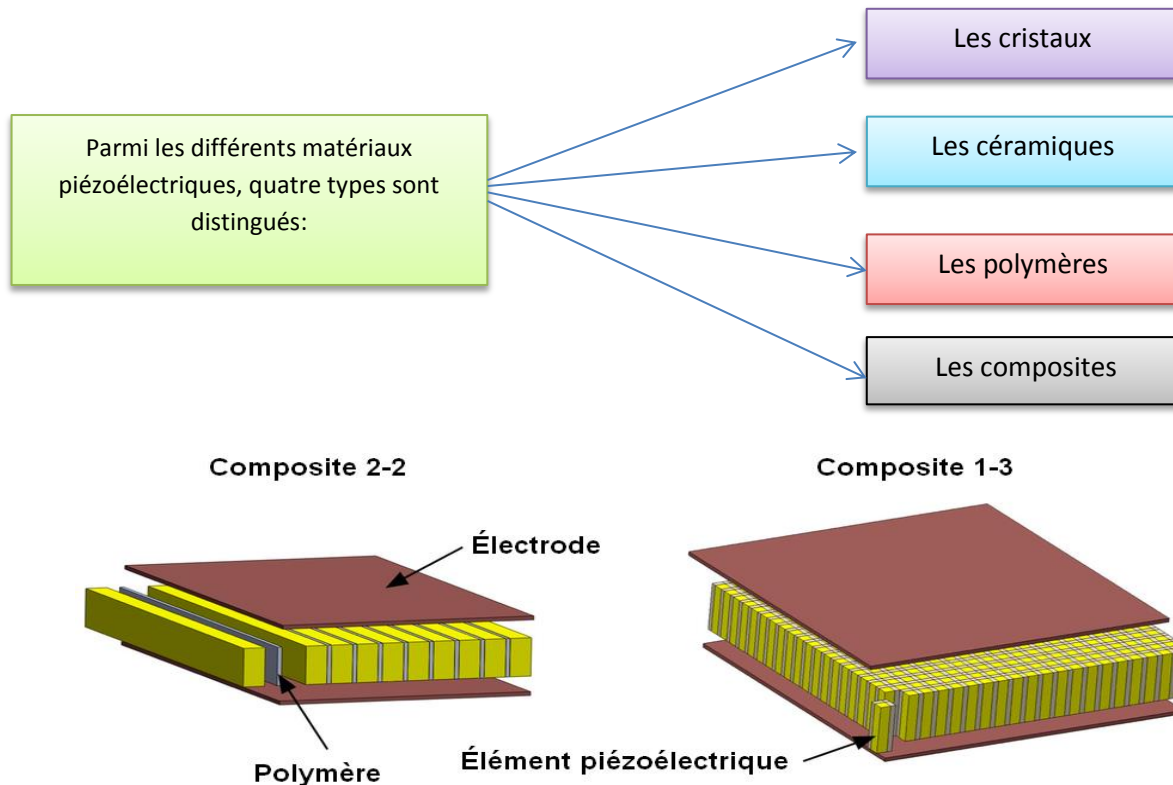
L'application d'une force provoque l'apparition d'un champ électrique (effet piézoélectrique direct), tandis que l'application d'un champ électrique provoque la déformation du matériau (piézoélectrique inverse).



Source: <http://www.piézoélectrique.com>.

### Les principaux matériaux piézoélectrique

Rapidement après la découverte de la piézoélectricité, plusieurs matériaux ayant cette caractéristique ont été trouvés. Néanmoins des nouveaux matériaux continuent à apparaître, toujours avec des meilleures caractéristiques et performances



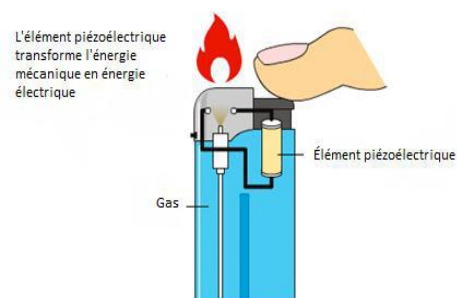
**Figure 3.2.5.b:** les composants d'un élément piézoélectrique

### Applications : production d'énergie :

#### ➤ Le briquet piézoélectrique

Le briquet piézoélectrique est un exemple de création d'un arc.

En appuyant sur le bouton, l'élément piézoélectrique reçoit une pression.



**Figure 3.2.5.c:** Le briquet piézoélectrique.

➤ **Un t-shirt pour recharger le portable.**

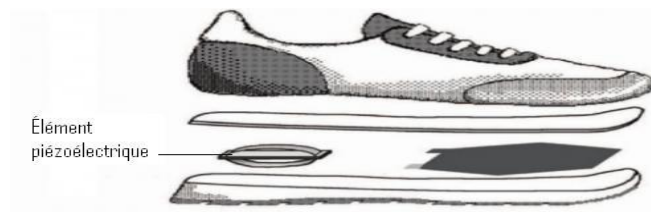
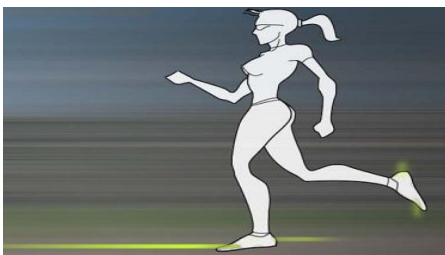
Ce t-shirt nommé "Sound Charge" est équipé d'un dispositif piézoélectrique permettant de recharger son téléphone portable à partir du son émis lors du festival



**Figure 3.2.5.d:** Un t-shirt a équipé d'un dispositif piézoélectrique.

➤ **Les chaussures pour produire de l'énergie en marchant**

Un élément piézoélectrique est introduit dans les semelles d'une paire de chaussures.

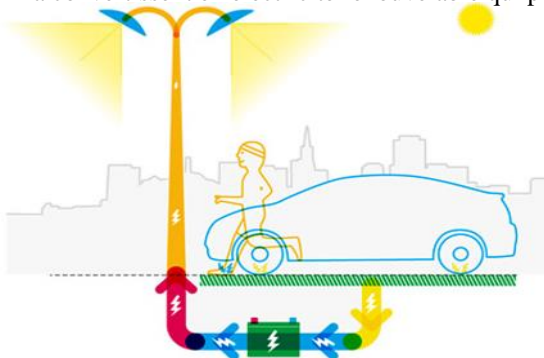


**Figure 3.2.5.e:** Les chaussures pour produire de l'énergie.

L'armée américaine a déjà utilisé ce système pour recharger tous les appareils électriques tels que les walkies-talkies, radios, GPS, etc. Afin de rendre les soldats électriquement indépendants

➤ **le pavé générateur d'énergie**

Les dalles urbaines génératrices d'énergie, se basent sur le principe de la piézoélectricité, qui permet de capter l'énergie cinétique des corps en mouvement. Les dalles énergétiques captent donc l'énergie cinétique issue de chaque pression du pied des passants et la convertissent en électricité renouvelable qui peut être stockée.

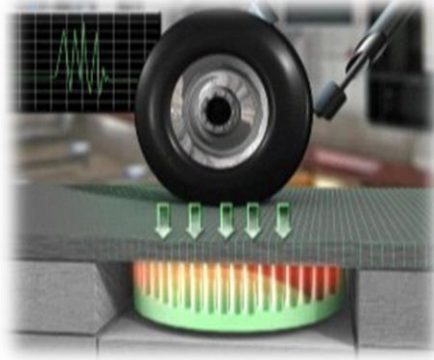


**Figure 3.2.5.f:** schéma de principe d'un pavé générateur d'énergie.

Chaque pas produisant entre 4 et 7 watts, selon le poids du passant, il faut compter environ 10 dalles pour accumuler l'énergie nécessaire à éclairer un lampadaire toute une nuit.

➤ **Parking piézoélectrique**

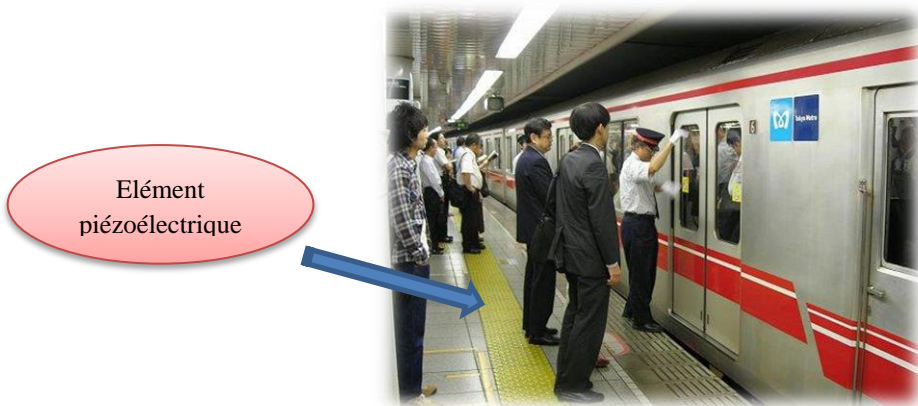
Dans une ville en Angleterre, un parking de grande surface commerciale a été équipé de matériaux piézoélectriques. Cette installation permet de récupérer de l'énergie à chaque passage de véhicule et, ainsi, d'alimenter les caisses de paiement du supermarché.



**Figure 3.2.5.g:** Parking piézoélectrique.

➤ **Métro piézoélectrique à Tokyo**

De même, dans le métro de Tokyo, il sont équipé le sol des stations de plaques piézoélectriques qui produisent de l'énergie au passage des centaines de passagers.



**Figure 3.2.5.h:** Métro piézoélectrique à Tokyo.

➤ **Une autoroute électriquement autonome**

Une recherche consiste à placer des matériaux piézoélectriques sous la surface de la route pour que l'énergie mécanique des voitures puisse être capturée et transformée en électricité. Les routes deviennent donc des sources de production d'énergie.



**Figure 3.2.5.i:** Une autoroute électriquement autonome.

### ➤ Piste de danse autosuffisante

À Amsterdam, Rotterdam, Londres et bientôt New York, des boîtes de nuit ont inauguré des pistes de danse qui. Le sol est légèrement mobile, sur ressorts, et les vibrations sont converties en électricité



**Figure 3.2.5.j:** Piste de danse autosuffisante.

### ➤ Constructions en ciment :

la piézo-électricité pour avertir de tout problème il existe aujourd'hui un ciment permettant de construire des ponts ou des barrages et capable d'avertir les ingénieurs des zones de fragilisation aux endroits mêmes où des fissures ou des fractures peuvent apparaître.



Le secret : un capteur piézo-électrique, qui peut détecter et analyser des défauts localisés, comme des fissures, des trous ou des impacts qui génèrent tous des vibrations. Les matériaux piézo-électriques produisent en effet une tension électrique lorsqu'ils subissent une contrainte mécanique.

Résultat : une alarme pourra sonner bien avant qu'un mur se fissure ou qu'un pont ébranlé par un tremblement de terre s'effondre.

### Avantage :

- Les matériaux piézoélectriques proposent une réduction de l'énergie fossile consommée mais aussi une diminution de l'énergie consommée ce qui générera une augmentation de la durée de vie des systèmes
- C'est une des seules « énergie propre » qui n'a pas un effet secondaire négative à cause de la consommation d'énergie.
- Il n'y a pas les inconvénients de l'énergie solaire qui ne fonctionne que pendant le jour. Avec le système piézoélectrique nous pouvons avoir de l'énergie électrique à n'importe quelle heure
- Cette source d'énergie rentre aussi dans le cadre social puisque la présence et la participation des êtres humains pour créer de l'énergie grâce à la piézoélectricité sont impératives.
- C'est un moyen de gagner de l'argent avec l'énergie que l'on dépense en se déplaçant et en faisant des activités quotidiennes

**Inconvénient :**

- La production d'énergie aujourd'hui avec les systèmes piézoélectriques est très faible.. Il n'est pas une production d'énergie constante.
- On retrouve beaucoup des matériaux piézoélectriques dans le monde, mais les matériaux piézoélectriques performants sont moins nombreux.
- Pour pouvoir vraiment utiliser les piézoélectriques on a besoin, d'une batterie pour gérer et homogénéiser le courant.
- Les matériaux piézoélectriques qui servent pour récupérer une grande quantité d'énergie sont chers
- Très peu d'entreprises fabriquent ce type de matériels donc elles peuvent le vendre très chers et en plus on doit payer les frais d'importation.

**Conclusion :**

L'efficacité énergétique à travers les mesures soulignées auparavant, est bénéfique autant pour le consommateur à travers l'allègement de ces factures énergétiques, que pour l'environnement, car la maîtrise de l'énergie atténue la pression sur l'impact environnemental.

Sans oublier l'impact sur les aspects socio-économiques, qui se concrétise par le fait que les économies d'énergies se traduisent par un gain substantiel au niveau des ressources financières.

Le pari a été pris de ne pas mentionner l'ensemble des mesures car elles n'entrent pas dans le cadre de ce travail, d'un autre côté l'attention a été portée principalement sur les techniques d'efficacités énergétiques dites passives, cet impérative a été dicté par le souci de mettre en lumière des solutions qui vont être simulées dans la prochaine étape afin d'analyser leurs impact sur les besoins énergétiques du bâtiment.