

Installations électriques énergétiquement efficaces

L'énergie dans l'enseignement professionnel

Modules pour les professions de la construction: Module 6

- 1 Introduction: de quoi s'agit-il?**
- 2 Objectifs de la formation**
- 3 Eléments proposés pour le plan des leçons**
- 4 Connaissances de base**
 - **Puissance électrique et énergie**
 - **Calcul des frais d'énergie**
 - **Consommateurs dans un ménage**
 - **Consommateurs au bureau**
 - **Eclairage**
 - **Choix des appareils**
 - **Installations techniques du bâtiment**
 - **Applications industrielles et artisanales**
- 5 Exercices et solutions proposées**
- 6 Bibliographie**
- 7 Sources**
- 8 Modèles**





1 Introduction: de quoi s'agit-il ?

Dans la vie quotidienne, que ce soit à la maison ou au travail, nous sommes entourés de nombreux appareils électriques dont nous ne saurions plus nous passer. D'une part, ils nous rendent la vie plus agréable, d'autre part, ils sont indispensables pour faire fonctionner l'économie, l'industrie, les services et les transports.

Quand on choisit un appareil, on est intéressé à ce qu'il remplisse sa fonction, qu'il fonctionne sans panne et que son prix soit avantageux. Comme le courant électrique vient «invisiblement» de la prise, on n'attache habituellement que peu d'importance à la consommation d'énergie. En outre, il est souvent difficile de la quantifier, car les informations du fabricant sont souvent trop peu accessibles au consommateur et difficiles à interpréter. Les possibilités d'économie d'énergie ne sont toutefois pas encore épuisées. Il vaut la peine de tenir compte des frais d'énergie, car ils dépassent souvent le prix d'achat de l'appareil, peu de temps après. Il est possible de réduire d'un tiers la consommation électrique, en utilisant un modèle économisant l'énergie et en pratiquant une gestion efficace de l'énergie. Cela est généralement possible sans perte de confort ou même avec une augmentation du confort, comme dans le cas du régulateur d'éclairage.



2 Objectifs de la formation

L'apprentie, l'apprenti ...

- connaît l'importance des différents groupes de consommateurs et les consommations approximatives dans les habitations et les bâtiments administratifs et commerciaux.
- montre l'importance, pour un éclairage énergétiquement efficace, des différents produits et des possibilités de régulation.
- indique les qualités et les caractéristiques qui doivent être prises en compte pour le choix et l'utilisation d'un appareil peu gourmand en énergie.

Exemples de réponses:

- Les consommateurs d'énergie électrique peuvent être classés en gros en quatre groupes:
 1. Industrie et artisanat (35%)
 2. Ménages (30%)
 3. Services (25%)
 4. Transports (10%)
- Dans un ménage qui dispose d'un chauffe-eau électrique, 50% de la consommation d'électricité est générée par ce chauffe-eau.
- Les 50% restant se répartissent en parts à peu près égales entre la cuisson, le réfrigérateur, la machine à laver, le lave-vaisselle, l'éclairage et les autres appareils.
- Dans le domaine des services, $\frac{1}{3}$ environ concerne l'éclairage, $\frac{1}{3}$ le reste des installations techniques du bâtiment et $\frac{1}{3}$ les machines de bureau (PC, photocopieuse).
- Pour un type d'appareil donné, la consommation d'énergie peut varier du simple au double.
- Les étiquettes énergétiques sont une aide précieuse à l'achat de nouveaux appareils énergétiquement efficaces.
- Les appareils utilisent aussi du courant en mode «veille». Il vaut mieux les déclencher complètement.
- Les lampes à incandescence sont des gaspilleurs d'énergie. 95% de l'énergie est perdue en chaleur.
- Les lampes fluorescentes utilisent 5 x mieux l'énergie que les lampes à incandescence. En outre, elles ont une durée de vie 10 x supérieure. Elles sont plus économiques malgré leur prix plus élevé.



3 Éléments proposés pour le plan des leçons

Début

Le but principal de ce module est de montrer que l'énergie peut être économisée sans qu'il faille subir une perte de confort. Pour commencer, l'expérience suivante est indiquée:

On place une lampe à incandescence de 60 W et une lampe à basse consommation d'énergie de 15 W ou 18 W dans une pièce assombrie, de telle manière que les lampes soient masquées pour l'observateur. On ne distingue pratiquement pas de différence dans la couleur de la lumière ni dans la luminosité des objets éclairés. Les lampes doivent être allumées d'avance, car la lampe à basse consommation d'énergie a besoin de quelques minutes pour donner son plein flux lumineux.

La puissance des deux lampes est comparée à l'aide d'un wattmètre (ou avec un instrument de mesure de la puissance et de l'énergie, voir 4.2.) ou avec un voltmètre et un ampèremètre. En calculant la consommation d'énergie sur une année, l'économie réalisée devient manifeste.

Avec un thermomètre digital, on peut, de plus, montrer le grand dégagement de chaleur de la lampe à incandescence.

Expériences

a) Efficacité lumineuse des lampes à incandescence avec variateur de lumière

Une lampe à incandescence (p. ex. une lampe à incandescence à halogènes de 150 W) est branchée sur le 230 V par l'intermédiaire d'un wattmètre et d'un variateur de lumière. La lumière du jour étant masquée, on mesure avec un luxmètre à une distance fixe d'environ 1 m l'éclairement lumineux (flux lumineux relatif) en fonction de la puissance. Si l'on représente le flux lumineux relatif dans un diagramme, on se rend compte que l'efficacité lumineuse d'une lampe à incandescence varie à peu près comme le carré de la puissance. De cet essai, il apparaît clairement que les lampes à incandescence munies de variateur ont une efficacité lumineuse particulièrement mauvaise.

Conclusion: Choisir la puissance des lampes à incandescence de telle manière qu'elles travaillent normalement à leur tension nominale. Si l'on a besoin, pour certains travaux, de plus de lumière, il est recommandé d'ajouter d'autres lampes (les lampes à basse consommation d'énergie sont naturellement beaucoup plus efficaces).



b) Puissance consommée par les appareils en mode « veille »

Avec le wattmètre, on mesure la puissance de différents consommateurs en mode normal et en mode « veille ». Il est en outre conseillé de comparer des appareils anciens et modernes. Si l'on n'a pas de wattmètre à disposition, on peut mesurer, faute de mieux, le courant avec un ampèremètre, puis calculer la puissance apparente ($S = U \cdot I$).

Exemples: TV, magnétoscope, fax, photocopieuse, ordinateur avec écran, chargeur de téléphone portable, etc.



4 Connaissances de base

4.1 Puissance électrique et énergie

Une condition importante pour avoir sous contrôle la consommation d'énergie est, entre autres, de connaître la consommation moyenne des consommateurs branchés sur le réseau ou de pouvoir la mesurer. Les indications de puissance sur l'appareil ne donnent souvent que des réponses insuffisantes, car il est rare qu'un consommateur travaille continuellement à la même puissance.

Exemples:

- Les lampes à incandescence peuvent être munies d'un variateur de lumière.
- Les machines à laver et les lave-vaisselle possèdent différents programmes et ne chauffent l'eau que pendant un certain temps.
- Les réfrigérateurs se mettent en marche plus fréquemment lorsque l'on introduit des mets chauds ou si l'on laisse la porte du frigo longtemps ouverte.

Détermination de la puissance avec un voltmètre et un ampèremètre

Cette méthode n'est pas indiquée pour certains consommateurs, car le produit de la tension par le courant donne la puissance apparente. La puissance apparente dépend de la puissance active et de la puissance réactive; cette dernière est sans influence sur la consommation d'énergie.

Détermination de la puissance avec un wattmètre

Le wattmètre mesure directement la puissance active. Il contient une bobine ampèremétrique connectée en série avec le consommateur, pour la

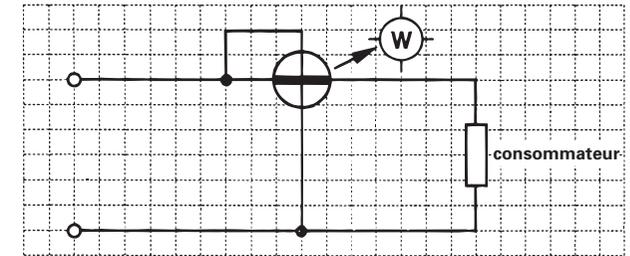


Fig. 1: Schéma de la mesure avec un wattmètre

mesure du courant, et une deuxième bobine connectée en parallèle pour la mesure de la tension. Le circuit du courant doit être momentanément interrompu avant la mesure, pour brancher le wattmètre.

Détermination de la puissance avec un compteur de kilowattheures

L'énergie électrique est mesurée par les Services industriels avec un compteur de kilowattheures. De nouveaux compteurs électroniques de la classe supérieure ont la possibilité d'indiquer, en plus de l'énergie totale consommée, la consommation journalière ou mensuelle, ou encore la puissance instantanée. De cette manière, même le profane peut très simplement contrôler la consommation d'énergie et repérer les appareils trop «gourmands».

Normalement, les Services industriels installent le compteur le meilleur marché, électronique ou électromécanique, qui n'indique que la consommation totale. Mais avec ce type aussi, la puissance peut être déterminée simplement, en s'aidant d'une montre.

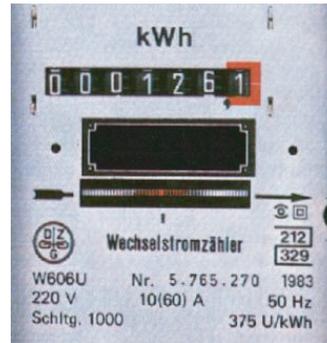


Fig. 2: Le panneau frontal d'un compteur de ménage.

La constante C du compteur indiquée ici est «375 U/kWh». Cela signifie que 375 tours du disque du compteur correspondent à un kilowattheure.

Marche à suivre:

- Tout d'abord, on débranche tous les appareils qui ne doivent pas être pris en compte lors de la mesure (dévisser les fusibles). Dans un premier temps, on déclenche aussi l'appareil qu'on va mesurer.
- Le disque du compteur électromécanique devrait alors être immobile (pour les compteurs électroniques, la diode lumineuse ne devrait plus clignoter).
- On enclenche alors l'appareil devant être mesuré et on observe les rotations du disque du compteur (ou le clignotement de la diode lumineuse). Le mieux est de chronométrer le temps nécessaire au disque du compteur pour faire p. ex. 10 tours.

- Parmi les caractéristiques du compteur (voir la fig. 2), on trouve l'indication de la constante du compteur. C'est le nombre de tours effectués par le disque du compteur pour une consommation de 1 kWh.
- A l'aide d'une règle de trois, on calcule le nombre de tours effectués en une heure, puis divise ce nombre par la constante du compteur. Le résultat obtenu est la puissance raccordée au compteur, en kW.

$$P = \frac{n \cdot 3600}{t \cdot C} \quad [\text{kW}]$$

P = puissance, en kW

n = nombre de tours du disque du compteur ou nombre d'impulsions de la diode, dans l'intervalle de temps chronométré

t = intervalle de temps chronométré, en s

C = constante du compteur, en tours/kWh ou impulsions/kWh

Calcul de l'énergie électrique

Fondamentalement, l'énergie électrique et l'énergie mécanique sont calculées de la même manière. Pour les calculs concernant les ménages et les services, le kilowattheure est l'unité énergétique la plus indiquée. L'énergie est le produit de la puissance par le temps écoulé.

$$W = P \cdot t \quad [\text{kWh} = \text{kW} \cdot \text{h}]$$



4.2 Calcul des frais d'énergie

Le kilowattheure [kWh] est l'unité de facturation de l'énergie électrique. Son prix est actuellement compris entre environ 8 cts (heures creuses) et 25 cts (heures pleines). Dans certains cas, il peut aller jusqu'à 45 cts. La libéralisation du marché de l'électricité devrait faire baisser les prix, notamment pour les gros consommateurs. Pour les ménages et les autres petits consommateurs, il ne faut guère s'attendre à des réductions de prix dans un premier temps.

$$K = W \cdot k = P \cdot t \cdot k \quad [\text{Fr.} = \text{kWh} \cdot \text{Fr./kWh}]$$

K = coût, en francs

W = énergie, en kilowattheures

k = prix du kilowattheure, en francs

Appareil mobile de mesure de la puissance et de l'énergie

Depuis quelque temps, des appareils mobiles de mesure de la puissance et de l'énergie se trouvent dans le commerce. Ils peuvent être branchés sur le réseau électrique comme une rallonge. Le prix d'un modèle 230 V est d'environ Fr. 300.–. Certains Services industriels et installateurs mettent à disposition ces appareils, gratuitement ou en location.

Avec cet appareil de mesure, on peut lire directement, outre la puissance, la tension, le courant, l'énergie et les frais correspondants. Si l'on veut optimiser la consommation d'énergie dans une entreprise ou un ménage, un tel appareil est quasi indispensable.



Fig. 3: Appareil de mesure de l'énergie

4.3 Consommateurs dans un ménage

Considérant la consommation d'électricité en Suisse par catégories, on voit que les ménages (30%) se placent en deuxième position, après l'industrie et l'artisanat (35%).

Une famille de 4 personnes disposant d'un chauffe-eau électrique consomme annuellement pour le ménage environ 6000 kWh d'énergie électrique (sans le chauffe-eau: environ 3000 kWh). Cela grève son budget mensuel d'environ cent francs. Le tableau ci-dessous renseigne sur la consommation d'électricité des différents appareils.

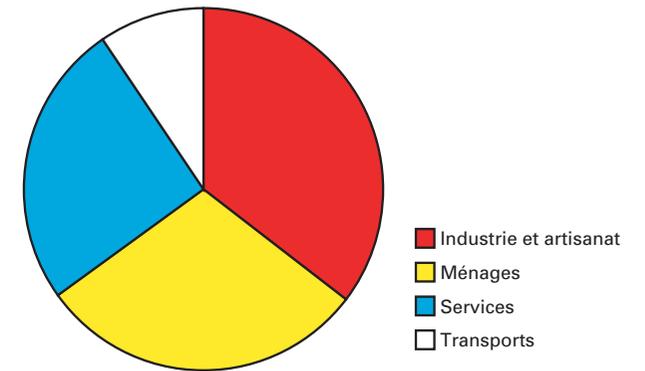


Fig. 4: Consommation d'électricité en Suisse, par catégories

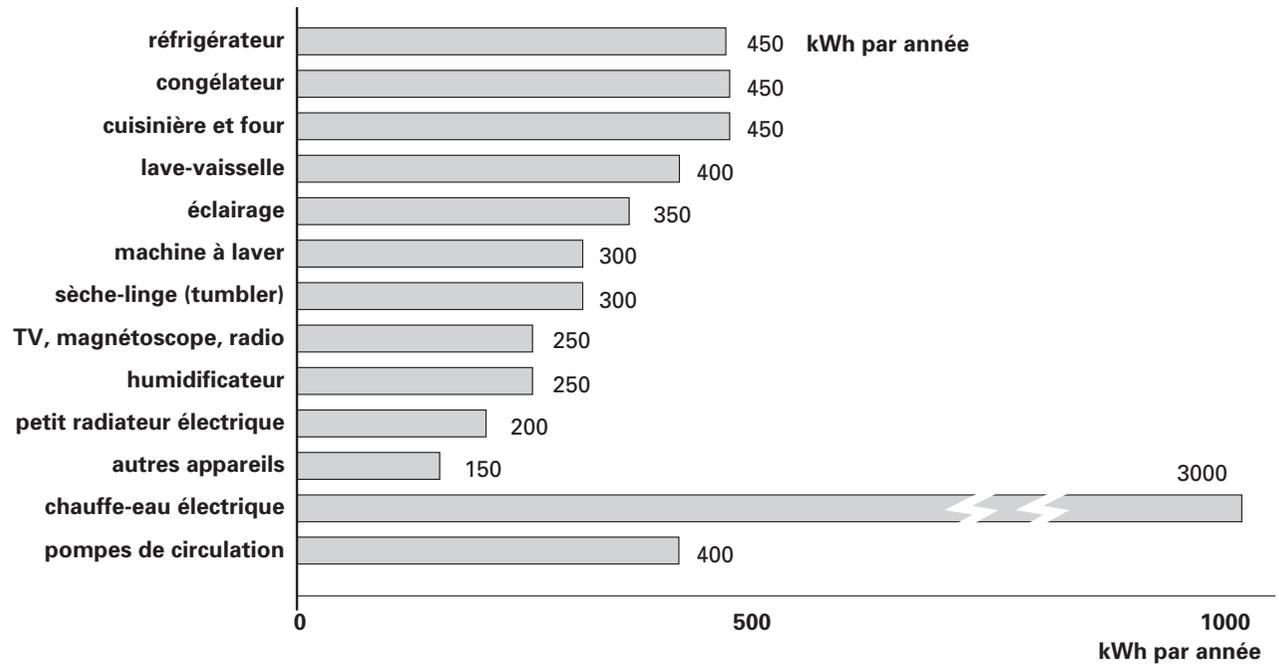


Fig. 5: Les plus grands consommateurs d'électricité dans un ménage



Le chauffe-eau électrique

C'est pour l'eau chaude qu'un ménage consomme nettement le plus d'énergie électrique. Comme l'électricité est une énergie précieuse et chère, l'eau doit être, quand c'est possible, chauffée d'une autre manière (capteurs solaires, pompes à chaleur, gaz, mazout; se reporter au Module E7 «L'alimentation en eau chaude» des Cahiers complémentaires pour les professions de l'électricité). Dans un chauffe-eau électrique, l'eau est chauffée à l'aide d'un corps de chauffe (résistance électrique). Le rendement théorique est de 100%, mais il faut tenir compte des pertes de chaleur à travers l'isolation et aux raccordements des conduites hydrauliques. C'est pourquoi on peut diminuer la consommation d'énergie – en plus d'une utilisation économe de l'eau chaude – en limitant la température de l'eau à 55 ou 60 °C. Une température maximum plus élevée accélère aussi la formation de dépôts calcaires (entartrage) et réduit la durée de vie du chauffe-eau. A l'opposé, une température maximum plus basse est à proscrire, car elle peut favoriser la prolifération de germes pathogènes (maladie du légionnaire). Donc:

- Régler la température du chauffe-eau sur 55 à 60 °C
- Déclencher le chauffe-eau pendant les vacances
- Utiliser de la robinetterie conçue pour économiser l'eau
- Bien isoler thermiquement les raccordements des conduites, de part en part.

Cuisinière électrique et four

Bien que la cuisinière ait le raccordement électrique le plus largement dimensionné de tous les appareils électriques du ménage, sa quote-part de la consommation d'énergie est à peu près la même que celle du réfrigérateur, car son temps de fonctionnement est relativement limité. Les nouveaux systèmes de cuisson sont plus économes que les anciennes plaques en fonte (vitrocéramique: de –10 à –20%; à induction: de –20 à –40%). Le comportement du cuisinier a toutefois aussi une influence décisive sur la consommation d'énergie. En observant les points ci-dessous, on peut économiser jusqu'à 30% d'énergie:

- Utiliser, dans la mesure du possible, la marmite à vapeur
- Mettre des couvercles sur les casseroles et les poêles
- Utiliser la chaleur résiduelle (c'est-à-dire éteindre avant la fin de la cuisson)
- Adapter le diamètre des casseroles à celui des plaques
- Remplacer les casseroles dont le fond n'est plus plat
- Ne pas préchauffer le four
- Pour la préparation des mets, donner la préférence à la cuisson sur une plaque, car elle est 4 fois plus efficace que l'utilisation du four.



Energie	
Fabricant	Logo
Modèle	ABC
	123
Consommation d'énergie faible	
A	
B	B
C	
D	
E	
F	
G	
Consommation d'énergie élevée	
Consommation kWh/an <i>(Sur la base des résultats des tests normalisés pendant 24 heures)</i>	420
<small>La consommation réelle d'énergie dépend du mode d'utilisation et de l'emplacement de l'appareil.</small>	
Volume du réfrigérateur I	214
Volume du congélateur I	99
	★★★★
Niveau acoustique dB(A) re 1 pW	38
<small>Le détail d'autres caractéristiques se trouve dans le prospectus</small>	
<small>Norme EN 153, Directive n° 94/2/CEE concernant les réfrigérateurs</small>	

Fig. 6: Etiquette énergétique pour réfrigérateurs et congélateurs

Réfrigérateurs et congélateurs

Les appareils ménagers de réfrigération actuels utilisent un compresseur. Les anciennes armoires frigorifiques à absorption consommaient deux fois plus d'électricité et ont déjà causé plus d'un incendie, par surchauffe. Elles ne sont plus fabriquées que pour le camping et les minibars dans les hôtels (là aussi, elles devraient être remplacées par des réfrigérateurs à compresseur).

Grâce à l'optimisation de leur machine frigorifique et à l'amélioration de leur isolation, les nouveaux réfrigérateurs sont beaucoup plus économes et ne contiennent plus de réfrigérant nuisible à l'environnement. On peut économiser de l'énergie en observant les points suivants:

- Acheter des appareils munis de l'étiquette énergétique de la catégorie A (consommation d'électricité la plus faible)
- Ne pas placer le réfrigérateur près des sources de chaleur (dont p.ex. le four)
- Veiller à une bonne circulation de l'air derrière le réfrigérateur
- Ne pas placer de mets chaud dans le réfrigérateur
- N'ouvrir le réfrigérateur que brièvement
- Ne pas choisir une température de consigne trop basse (4 à 6 °C)
- Choisir un réfrigérateur sans compartiment de congélation, si un congélateur est déjà disponible
- Les congélateurs du type bahut sont plus économes que les congélateurs du type armoire

- Ne dégivrer que lorsque la quantité de glace à éliminer est importante (une couche de givre n'augmente pas à elle seule la consommation d'électricité)
- Une forte formation de glace indique que la porte n'est plus étanche (le cas échéant, remplacer le joint d'étanchéité).

Machine à laver et lave-vaisselle

La machine à laver et le lave-vaisselle utilisent plus de 80% de l'énergie pour chauffer l'eau. Le moteur et la pompe ne consomment donc qu'environ 20% de l'électricité. Les machines de la nouvelle génération utilisent moins d'eau, ce qui non seulement préserve l'environnement, mais influence aussi de manière décisive la consommation d'énergie.

Voici comment on peut abaisser la consommation d'énergie nécessaire au lavage:

- Acheter des appareils avec l'étiquette énergétique de la catégorie A (consommation d'électricité la plus faible)
- Choisir la température de lavage la plus basse possible. Le lavage à 60 °C est pratiquement aussi hygiénique qu'à 90 °C («linge à bouillir»), et si le linge n'est pas très sale, 40 °C suffisent
- Le prélavage est presque toujours superflu
- Remplir la machine complètement
- Remplacer les anciennes machines (de plus de 15 ans) par des machines à faible consommation d'eau et d'énergie. Les machines à laver d'aujourd'hui essorent à 1000 - 1600 tours/min. Ceci se répercute directement sur le temps de



séchage et l'énergie nécessaire au séchage à la machine. Sur l'étiquette énergétique de la machine à laver, la deuxième lettre indique l'efficacité de lavage et la troisième l'efficacité d'essorage: acheter donc des appareils notés AAA ou AAB!

Sèche-linge

La lessive est séchée à la machine de plus en plus souvent, car les possibilités de suspendre le linge en plein air deviennent moins nombreuses, le temps et la disponibilité nécessaires plus rares, ou alors les locaux de séchage font défaut. Le séchage à la machine consomme deux fois plus d'énergie que la lessive le précédant, car l'humidité résiduelle du linge ne peut être éliminée que sous forme de vapeur d'eau. Transformer de l'eau en vapeur d'eau demande 10 fois plus d'énergie que de chauffer de l'eau de 10 à 60 °C! Donc il faut être attentif aux points suivants lors de l'achat:

- Les sèche-linge avec pompe à chaleur économisent jusqu'à 50% de l'énergie (tumblers, armoires de séchage ou sèche-linge à air soufflé)
- Acheter des tumblers avec l'étiquette énergétique des catégories A ou B (avec pompe à chaleur).

Eclairage

(voir aussi chapitre 4.5 Eclairage)

L'éclairage des habitations consomme à peu près autant d'électricité que les autres applications principales. Les mesures d'économie sont donc ici aussi valables:

- Remplacer les ampoules à incandescence par des lampes à basse consommation d'énergie
- Pas d'éclairage indirect à halogènes
- Utilisation optimale de la lumière du jour (ameublement, rideaux, stores)
- Extinction automatique des lampes dans les locaux de service (détecteur de présence ou minuterie)

Appareils électroniques

(voir aussi chapitre 4.6 Choix des appareils)

Le nombre des appareils électroniques augmente constamment aussi dans les ménages. En général, ils sont de faible puissance, mais globalement ils consomment beaucoup de courant, car ils sont souvent connectés en permanence au réseau, en mode « veille » (TV, magnétoscope, réveil radio, fax), ou sont utilisés longtemps (radio, TV, ordinateur). Ici aussi, c'est la somme de tous les appareils qui est significative. C'est pourquoi:

- Déclencher avec l'interrupteur principal les appareils inutilisés
- Les appareils qui dégagent de la chaleur également en mode déclenché, sont des consommateurs de courant cachés (AUS/OFF n'est pas toujours AUS/OFF !)
- Être attentif à l'étiquette énergétique lors de l'achat des appareils.



4.4 Consommateurs au bureau

La consommation d'énergie des bâtiments commerciaux et administratifs se répartit grosso modo en parts égales pour chacun des domaines suivants:

1. Eclairage
2. Installations techniques de l'immeuble
3. Appareils de bureau

Les aspects de l'**éclairage** sont traités dans le chapitre 4.5.

La quote-part **des installations techniques de l'immeuble** est constituée principalement par l'énergie électrique auxiliaire, surtout pour les pompes de circulation pour le chauffage et l'eau chaude, ainsi que les installations de ventilation et les ascenseurs. Leur consommation en courant doit déjà être prise en compte dans le concept énergétique, lors de l'étude du bâtiment. Ces installations fonctionnent par la suite pratiquement indépendamment de l'utilisateur.

Globalement, les **appareils de bureau** ne représentent «que» 3 pourcent environ de la consommation d'électricité en Suisse. Cette quote-part relativement modeste ne doit pas conduire à des conclusions erronées. Car ces 1,5 milliards de kWh correspondent tout de même à 60 pourcent de la production annuelle de la centrale nucléaire de Beznau ou de celle de Mühleberg. Les appareils de bureau sont en outre le premier maillon d'une chaîne: dans de nombreux bureaux, la chaleur dégagée par les ordinateurs personnels et les photocopieuses doit

être éliminée par la climatisation, afin d'obtenir des températures de locaux agréables. C'est une consommation supplémentaire d'électricité.

En ce qui concerne les machines de bureau, l'ordinateur et son écran consomment environ 40% du courant, la photocopieuse environ 30%. L'imprimante, le fax et le groupe des autres appareils consomment chacun environ 10%.

Beaucoup d'appareils de bureau consomment la plus grande partie du courant non pendant la phase d'utilisation à proprement parler, mais quand ils restent prêts à l'emploi, en mode «veille».

Ordinateurs personnels

Selon le modèle et la marque, et aussi selon la génération des appareils, la consommation d'électricité varie de 50 W à 100 W. Les ordinateurs portables travaillant sans être branchés sur le secteur et avec des capacités de batterie minimales, la gestion économe de l'énergie est indispensable si l'on veut obtenir une autonomie de fonctionnement intéressante. Tout ce qui n'est pas utilisé est mis en veilleuse: le disque dur s'arrête, le processeur travaille plus lentement et l'écran est noir. En fin de compte, les portables ont besoin de 5 fois moins d'énergie que les ordinateurs personnels de performance comparable. Dans un proche avenir, les appareils fixes seront aussi équipés de ces techniques économisant l'électricité. Ce sera bienvenu, car on confie à l'ordinateur personnel toujours plus de tâches nécessitant sa disponibilité permanente. Malgré cela, les points ci-dessous sont toujours valables:



- En cas d'absence pendant plus d'une demi-heure, toujours déclencher l'ordinateur personnel
- Régler la gestion de l'énergie sur l'ordinateur de telle manière qu'après 2 à 10 minutes, il se mette en veilleuse («stand-by» ou «sleep»)
- Débrancher les alimentations de portables inutilisées.

Ecrans

Beaucoup d'écrans fonctionnent encore selon le même principe que les appareils de télévision, soit avec un tube cathodique. Celui-ci a un chauffage, ce qui fait que les écrans ont une puissance de 50 à 100 W. Cette puissance est aussi nécessaire quand un économiseur d'écran est utilisé. En mode «veille» (écran complètement noir), la puissance s'abaisse à environ 15%.

Les écrans plats ne nécessitent que 15 à 40 W. Malgré leur prix plus élevé, il faut absolument leur donner la préférence à l'achat, par rapport aux écrans à tubes. Les yeux se fatiguent moins, car les écrans plats ne scintillent pas et donnent une image plus nette. En outre, ils prennent moins de place sur le pupitre. Conclusions:

- Utiliser des écrans plats
- Mettre l'appareil en veilleuse (via la gestion de l'énergie) dès la plus petite interruption du travail, ou l'arrêter complètement. Ceci vaut également pour les écrans plats
- Prévoir des groupes de prises «intelligents», qui déclenchent automatiquement les périphériques (imprimante, écrans) à la fin du travail ou lors d'une interruption

Photocopieuse, imprimante laser, fax à papier normal

Ces appareils fonctionnent tous selon le même principe technique. Par voie optique ou au moyen d'un laser, l'écriture est reportée sur un cylindre chargé d'électricité statique. Elle est ensuite colorée avec du toner (poudre de couleur). Partout où l'écriture doit apparaître, le cylindre reste chargé et le toner s'y attache. A la phase suivante du procédé, la poudre de couleur est reportée sur le papier. Les particules de toner sont fondues par chauffage et ainsi fixées. Sans cette «brûlure», la copie ou la page imprimée ne résisterait pas au frottement. Dans le mode «veille» aussi, le chauffage reste enclenché à faible puissance, afin que l'appareil soit tout de suite prêt à fonctionner. Contrairement à ce type d'appareil, les imprimantes à jet d'encre fonctionnent à «froid» et utilisent donc lors de l'impression jusqu'à 10 fois moins de puissance. Pour toutes les imprimantes, la consommation d'électricité en mode «veille» est très importante. Il faut donc considérer les points suivants:

- Être attentif à l'étiquette énergétique (pour le mode «veille») lors de l'achat
- Acheter des imprimantes et fax qui se mettent en route et se déclenchent automatiquement
- N'enclencher les appareils qu'au moment de les utiliser vraiment
- Pour les petits bureaux, des appareils combinés peuvent être utiles; ils peuvent être utilisés comme imprimante, scanner, fax et photocopieuse couleur. Attention: une faible consommation en mode «veille» est ici particulièrement importante, car le fax reste toujours enclenché!

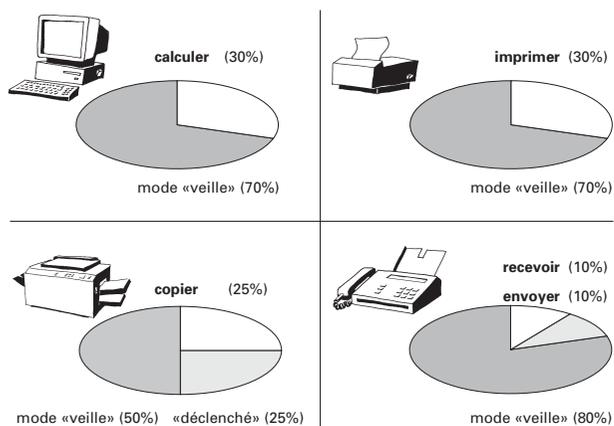


Fig. 7: La plus grande partie de l'électricité est consommée en mode «veille»

4.5 Éclairage

L'éclairage électrique existe depuis plus de 100 ans. Après la lampe à incandescence qui représentait la plus importante source lumineuse pendant un demi-siècle, les lampes luminescentes à gaz et les tubes fluorescents, surtout pour des raisons économiques, se sont imposés, particulièrement pour l'éclairage des locaux industriels et des bureaux. Dans le domaine de l'habitat, on utilise encore en majorité des lampes à incandescence, bien que depuis vingt ans, des lampes fluorescentes compactes dites lampes à basse consommation d'énergie soient disponibles; elles sont beaucoup plus économiques. Une part importante de la consommation globale d'électricité revient à l'éclairage. Dans les ménages, elle représente 20% et dans les services 35%. On voit donc qu'il vaut ici particulièrement la peine d'économiser l'énergie.

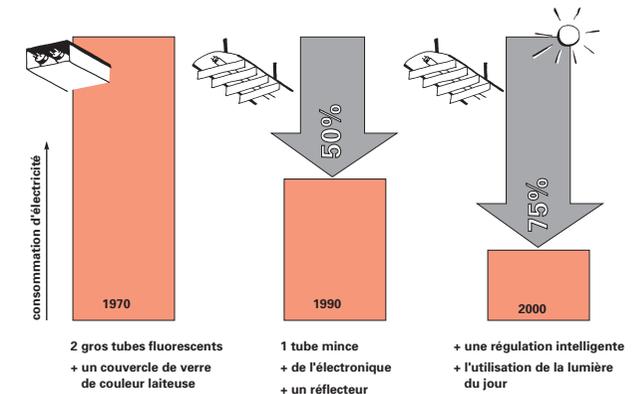


Fig. 8: Les techniques d'éclairage améliorées existent

Terminologie de l'éclairage

Couleur de la lumière, température de couleur

La couleur de la lumière d'une lampe est caractérisée par la notion de température de couleur et se mesure en Kelvin [K].

Notion	Température de couleur	Apparence de la lumière	Exemples
blanc chaud extra	2700 K	chaude	lampe à incandescence, lampe à basse consommation d'énergie
blanc chaud	3000 K	chaude	lampe à incandescence à halogènes, lampe fluorescente
blanche	4000 K	fraîche	lampe fluorescente
lumière du jour	> 5000 K	froide	lampe fluorescente



Rendu des couleurs

Pour évaluer la qualité du rendu des couleurs, on utilise l'indice de rendu des couleurs [Ra]. Sa valeur la plus élevée est 100, qui indique un rendu des couleurs absolument fidèle à ce qu'elles sont en éclairage naturel.

Rendu des couleurs	Ra	Exemples
moyen	< 80	lampe fluorescente standard
bon	85	lampe à basse consommation d'énergie, lampe fluorescente à plusieurs couches
très bon	95 – 98	lampe fluorescente De Luxe–couleurs lumineuses
optimum	100	lampe à incandescence, lampe à incandescence à halogènes, lumière du jour

Flux lumineux, efficacité lumineuse

La puissance lumineuse d'une lampe est appelée flux lumineux. Elle se mesure en lumen [lm].

L'efficacité lumineuse permet de comparer entre elles différentes lampes au point de vue de la rentabilité. Le flux lumineux des lampes est rapporté à une puissance électrique de 1 watt. Plus l'efficacité lumineuse est élevée, plus la lampe est rentable.

Lampe	Puissance	Flux lumineux	Efficacité lumineuse
lampe à incandescence	40 W	430 lm	10.75 lm/W
lampe à incandescence à halogènes	20 W	350 lm	17.5 lm/W
lampe fluorescente	36 W	3000 lm	83.3 lm/W
lampe à basse consommation d'énergie	9 W	540 lm	60 lm/W



Eclairage (lumineux)

Si une surface de 1 m² est éclairée par un flux lumineux de 1 lm, son éclairage lumineux est de 1 lux. L'unité lux signifie donc lumen par mètre carré. L'adjectif lumineux peut être omis en français quand il n'y a pas de confusion possible avec une autre grandeur, l'éclairage énergétique, qui se mesure en W/m². L'éclairage lumineux se mesure avec un luxmètre. Pendant la mesure, l'élément photosensible de l'appareil doit se trouver à la hauteur du plan de travail et il faut veiller à ne pas l'obscurcir par un objet ou une personne mal placée. Il faut aussi éviter toute lumière parasite (fenêtre).

Eclairages recommandés

Tâche confiée à l'œil	Exemples	Eclairage
orientation	corridor, chambre à coucher, grand dépôt	50 lux
facile	salon, restaurant, salle des machines	150 lux
normale	cuisine, halle de montage, local de vente	350 lux
	local avec travail à l'écran	400 lux
	salle de classe	500 lux
difficile	microtechnique, dessin technique	750 lux
très difficile	orfèvre	1'000 lux
cas spéciaux	table d'opération	5'000 lux

Luminance, éblouissement

La luminance est une mesure de l'impression de luminosité que l'œil ressent d'une source lumineuse ou d'une surface éclairée.

Une luminance élevée, surtout en présence de grandes différences de luminance (contraste), provoque l'éblouissement.

L'éblouissement est à éviter. Il est souvent causé par le mauvais positionnement de sources lumineuses de luminance élevée. L'éblouissement direct abaisse le pouvoir visuel et provoque la fatigue. L'éblouissement se produit généralement quand des lampes ou des luminaires se trouvent dans le champ visuel. Il peut aussi être provoqué indirectement par réflexion sur des surfaces brillantes ou claires.

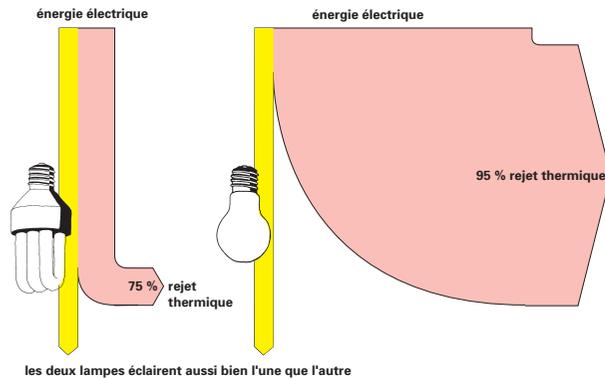


Fig. 9: La lampe à incandescence est en fait un chauffage électrique

Sources lumineuses

Lampes à incandescence

Les lampes à incandescence sont basées sur l'effet Joule du courant électrique dans une résistance. Dans une ampoule de verre sous vide ou remplie de gaz noble se trouve un mince filament de tungstène qui est chauffé à une température d'environ 2500 °C et devient incandescent. Environ 5% de l'énergie est rayonnée sous forme de lumière; le reste est de la chaleur.

La plupart des modèles ont une durée de vie de 1000 heures, qui diminue sensiblement lors de surtensions dans le réseau.

Avec un variateur, la puissance d'alimentation est réduite. Le filament se trouve alors à une température plus basse et la lampe à incandescence a donc une efficacité lumineuse encore plus mauvaise que d'habitude.

Lampes à incandescence à halogènes

Ce sont des lampes à incandescence avec une température de fonctionnement plus élevée (env. 2800 °C), ce qui fait qu'elles ont une meilleure efficacité lumineuse. Elles émettent de 7 à 10% de lumière. Le reste est également de la chaleur. Malgré leur meilleur rendement, les lampes à incandescence à halogènes ne doivent pas être désignées comme des lampes à basse consommation d'énergie. Et puis, pour les lampes à incandescence à halogènes fonctionnant à basse tension, il faut tenir compte en outre de la consommation propre du transformateur (env. 10% de la puissance de la lampe).

Comparaison avec une lampe à incandescence normale:

- Meilleure efficacité lumineuse
- Lumière plus brillante (couleur de lumière: env. 3000 K)
- Durée de vie plus longue (2000 h)
- Forme de construction plus compacte
- Diminution plus faible de l'émission de lumière liée au vieillissement
- Température élevée de l'ampoule (observer les instructions de montage!)

En ce qui concerne la surtension et le variateur, les mêmes observations que pour les lampes à incandescence normales sont valables.



Lampes fluorescentes

Les lampes fluorescentes sont des lampes luminescentes à gaz. Le courant électrique passe à travers le gaz ionisé et produit une émission de rayons ultraviolets. Le rayonnement ultraviolet (invisible) est transformé en lumière (visible) dans la poudre blanche fluorescente qui est appliquée à l'intérieur du tube de verre. Selon la composition de cette couche intérieure, la température de couleur sera différente.

Couleur de la lumière	Température de couleur	Application
ton chaud	2900 K	locaux d'habitation, écoles, corridors
blanc	4000 K	locaux de travail, locaux de vente, bureaux
lumière du jour	6500 K	textiles, arts graphiques, cosmétiques

Les lampes fluorescentes ont une efficacité lumineuse environ 5 fois plus élevée que les lampes à incandescence. 25 à 35% de l'énergie est émise sous forme de lumière, le reste étant, là aussi, de la chaleur. En ce qui concerne leur durée de vie, elle est même 10 fois supérieure à celle des lampes à incandescence, soit environ 10'000 heures.

Les lampes fluorescentes ont besoin d'un ballast pour fonctionner, qui est placé dans le luminaire. Sur le marché, les ballasts électroniques s'imposent de plus en plus par rapport aux ballasts traditionnels avec bobine d'induction.

Les avantages des ballasts électroniques sur les ballasts traditionnels sont les suivants:

- Pertes plus petites dans le ballast et meilleure efficacité lumineuse des tubes
- Allumage instantané
- Pas de scintillement (pas d'effet stroboscopique)
- Luminosité variable possible par régulateur manuel ou par commande de luminosité
- Plus longue durée de vie des tubes
- Pas de ronflement des ballasts et des tubes
- Pas de courant réactif (facteur de puissance $\cos \varphi = 1$).



Lampes à basse consommation d'énergie (lampes fluorescentes compactes)

Les lampes à basse consommation d'énergie sont des lampes fluorescentes compactes. Elles sont construites comme les lampes fluorescentes normales et fonctionnent selon le même principe, soit avec une bobine et un starter, soit avec un ballast électronique. Les ballasts sont logés dans un socle enfichable ou directement dans un socle E27 ou E14 ou dans le luminaire.

Les lampes à basse consommation d'énergie peuvent remplacer sans autre les lampes à incandescence; elles économisent à peu près 80% de l'énergie fournie et durent environ 10 fois plus longtemps. Comme, de fait, on n'utilise plus que des lampes à basse consommation d'énergie avec ballast électronique, la fréquence des enclenchements n'a plus d'influence sur la durée de vie.

Comme les lampes fluorescentes, les lampes à basse consommation d'énergie doivent être éliminées comme déchets spéciaux.

Grâce à une électronique compacte, les lampes à basse consommation d'énergie sont en vente aujourd'hui sous la forme habituelle d'une ampoule ou d'une bougie munie d'un culot E27 ou E14.

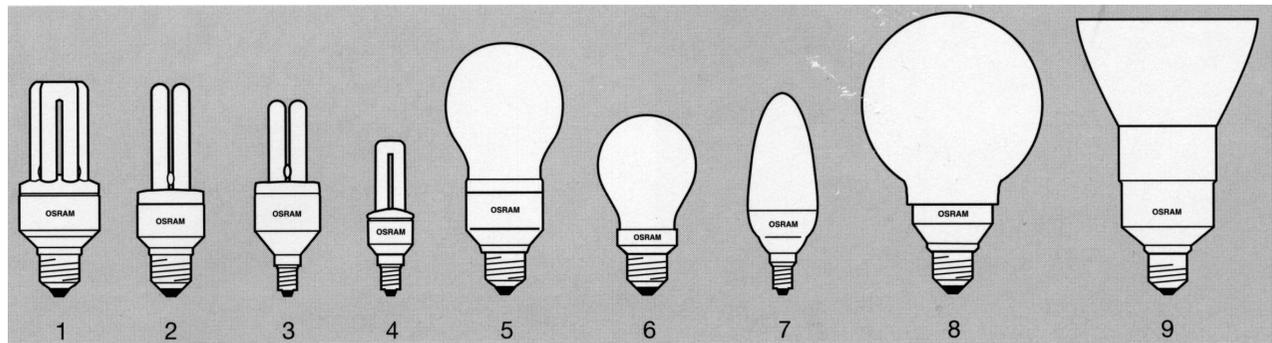


Fig. 10: Formes de lampes compactes et à basse consommation d'énergie

Position	Forme de lampe	Puissance	Pas de vis
1	tubes coudés trois fois	15 à 23 W	E27
2	tubes coudés deux fois	5 à 12 W	E27
3	tubes coudés deux fois	5 à 12 W	E14
4	tube coudé une fois	3 W	E14
5	semblable à une lampe à incandescence	8 à 16 W	E27
6	lampe à incandescence	5 à 15 W	E27
7	bougie	5 W	E14
8	globe (ballon)	15 à 21 W	E27
9	spot	15 à 20 W	E27



Comparaison des caractéristiques des lampes à basse consommation d'énergie et des lampes à incandescence:

	Lampe à basse consommation d'énergie	Lampe à incandescence
Efficacité lumineuse:	60 lm/W	10 bis 15 lm/W
Durée de vie:	8'000 à 15'000 h	1'000 h
Couleur de lumière:	2'700 K	2'700 K
Prix:	env. Fr. 15.00	env. Fr. 1.50
Réglage:	à l'aide d'un ballast-variateur séparé (lampe à socle à 4 pointes)	à l'aide d'un variateur
Elimination:	déchets spéciaux	ordures ménagères
Restriction:	utilisation limitée à cause de la place	aucune (dimensions compactes)
Chaleur:	dégagement minime	fort dégagement
Vibrations:	insensible aux vibrations	sensible aux vibrations
A l'extérieur:	partiellement contre-indiquée pour l'éclairage extérieur	insensible au froid
Entretien:	coût d'entretien minime	remplacement fréquent

Autres lampes lumineuses à gaz (lampes à vapeur de mercure, lampes à vapeur de sodium)

Pour des puissances plus élevées, entre autres pour l'éclairage des rues, des halles de fabrication, des centres commerciaux et des terrains de sport, on utilise des lampes à haute pression à vapeur métallique. Tous les modèles ne sont pas indiqués pour des éclairages intérieurs de locaux, vu la qualité de la lumière (rendu des couleurs).



Utilisation de la lumière du jour

L'architecture d'un bâtiment – donc sa forme et sa conception – a une influence déterminante sur la consommation d'énergie de l'éclairage. L'économie peut être particulièrement importante dans les bâtiments utilisés surtout pendant la journée. La lumière du jour ne réduit pas seulement la facture d'électricité; elle améliore aussi le confort et donne un sentiment de bien-être. De plus, elle influence positivement la qualité de la lumière. L'utilisation de la lumière du jour se prépare, bien sûr, lors de l'étude d'un bâtiment nouveau. Mais on peut augmenter la contribution de la lumière naturelle également dans des bâtiments déjà construits, au moyen de mesures adéquates.

Vu que la lumière du jour est soumise, de par sa nature à de très grandes variations de luminosité, des dispositions doivent être prises afin que l'éclairage dans les locaux et sur les plans de travail soit régulier et ne provoque pas d'éblouissement désagréable ni de contraste violent. Selon les circonstances, il faut aussi éviter que la pièce ne soit surchauffée par le soleil.

Fenêtres

Du point de vue de la technique de l'éclairage, on prévoit généralement des surfaces de fenêtre aussi grandes que possible; mais d'un autre côté, en hiver, beaucoup de chaleur se perd si ces surfaces sont importantes. Les aspects suivants doivent être pris en considération lors de l'étude:

- Des fenêtres et des linteaux de fenêtre haut placés

- augmentent la pénétration de la lumière du jour
- Des allèges (= parties de mur situées en dessous des fenêtres) surbaissées n'améliorent la pénétration de la lumière que sur le sol; elles sont donc plutôt à éviter
- La gestion de la chaleur commande de limiter au strict nécessaire la surface des fenêtres sur le côté nord, juste de quoi permettre l'utilisation de la lumière du jour
- Les fenêtres en toiture apportent beaucoup de lumière, mais sa pénétration peut être limitée par la saleté et par la neige

Protection solaire

L'incidence directe du rayonnement solaire sur un plan de travail doit être évitée principalement pour trois raisons:

- La forte différence de clarté (contraste) provoque la fatigue des yeux ainsi que des reflets sur les écrans des ordinateurs
- Sur des surfaces claires ou brillantes, la lumière du soleil crée l'éblouissement
- Le rayonnement solaire entrant par la fenêtre conduit à un fort échauffement de la pièce (effet de serre), qui n'est pas souhaitable en été

Les stores à lamelles (extérieurs) sont particulièrement indiqués en été. Pour les bâtiments climatisés, ils sont presque une condition sine qua non. Avec des lamelles de couleur claire placées en position oblique, la lumière du jour peut pénétrer dans la pièce par réflexion, sans causer de surchauffe.



Les **stores en tissu (à l'extérieur)** sont particulièrement indiqués en été pour protéger la façade sud du rayonnement solaire intense. L'étoffe doit être claire et translucide. Les stores de couleur rendent plus difficile l'identification des couleurs. Si les stores peuvent être poussés en l'avant vers l'extérieur, le contact avec le monde extérieur s'en trouve amélioré. L'air doit pouvoir circuler entre l'étoffe et la fenêtre, afin qu'en été la chaleur ne s'accumule pas dans cet espace.

En hiver, le soleil, qui est bas sur l'horizon à cette saison, doit pouvoir amener dans la pièce autant de chaleur et de lumière que possible sans pour autant causer d'éblouissement. Des rideaux translucides et de couleur claire ou des bandes de tissu verticales orientables sont particulièrement indiqués.

Les **rouleaux et stores à lamelles (à l'intérieur)** sont composés en général d'une matière solide, de papier ou d'aluminium. Ils sont peu translucides, si bien que l'éclairage artificiel doit être enclenché. Comme ils n'arrivent pas à éviter l'échauffement de la pièce, ils sont inutilisables dans des bâtiments climatisés; pour cette raison, ils ne sont pas autorisés dans certains cantons.

Les **rouleaux et volets (à l'extérieur)** sont inappropriés comme protection contre l'éblouissement. Ils obscurcissent fortement la pièce et rendent nécessaire l'utilisation de la lumière artificielle.

Plafonds, parois et sols

La couleur des parois et du plafond est très importante pour l'utilisation de la lumière du jour comme pour une meilleure efficacité de l'éclairage artificiel. Des parois et des plafonds clairs réfléchissent la lumière du jour et permettent aussi un éclairage régulier des espaces éloignés des fenêtres. Les sols aussi devraient être clairs, dans la mesure du possible. Toutefois, il faut faire attention à ce qu'ils ne soient pas brillants: la lumière d'incidence oblique ne doit pas être réfléchiée, sinon elle est la cause de désagréables reflets.

Commandes automatiques

Parfois, le petit confort personnel ou l'oubli va à l'encontre des meilleures dispositions à l'égard des économies d'énergie. Il faut donc que la commande d'une installation d'éclairage soit la plus simple et la plus conviviale possible. Ici, différents dispositifs électroniques peuvent être utiles.

Interrupteur crépusculaire

L'éclairage est enclenché ou déclenché automatiquement en fonction de la luminosité (intérieure ou extérieure). Inconvénient: la lumière brûle aussi quand on n'en a pas besoin.

Minuterie (éclairage de la cage d'escalier)

Par pression sur un interrupteur, les lampes sont allumées pour une courte durée (p.ex. 3 min.). On obtient ainsi un bon effet d'économie. Les minuteries ne sont cependant indiquées que pour les locaux



dans lesquels on ne fait que passer. Les minuteries qui, par une nouvelle pression sur l'interrupteur, peuvent éteindre les lampes, économisent encore plus d'énergie.

Horloges

Les horloges enclenchent et déclenchent l'éclairage selon un horaire fixé d'avance. Inconvénient: la lumière brûle aussi quand on n'en a pas besoin. Les horloges peuvent aussi être combinées avec des interrupteurs crépusculaires ou être munies d'un programme astronomique. Ces commandes sont indiquées pour l'éclairage des rues ou pour des cages d'escalier très utilisées et ouvertes à la lumière du jour.

Détecteurs de présence

Dès qu'une personne séjourne en un lieu surveillé par un détecteur de présence, l'éclairage est enclenché par une sonde à infrarouge. La plupart des détecteurs de présence sont combinés avec une minuterie ou un interrupteur crépusculaire. Les détecteurs de présence sont très conviviaux; c'est un excellent moyen d'économiser l'énergie électrique. L'emplacement du détecteur de présence doit être soigneusement choisi et la sensibilité à l'enclenchement, la zone sensible et le temps de commutation bien optimisés, afin de prévenir les enclenchements intempestifs. Les détecteurs de présence ont une consommation propre de 0,3 à 3 W, ce qui équivaut à une consommation d'énergie de 3 à 30 kWh par année environ.

Variateur

Aussi bien les lampes à incandescence que les lampes fluorescentes peuvent être réglées progressivement par voie électronique. Pour les lampes à incandescence, les variateurs ne sont pas indiqués comme mesure d'économie d'énergie, parce que l'efficacité lumineuse diminue massivement quand la température du filament incandescent de tungstène est abaissée.

Pour les lampes fluorescentes, de tels variateurs ne sont indiqués qu'avec un ballast électronique. L'efficacité lumineuse ne change que faiblement sous l'effet du variateur. Cela signifie que la consommation de courant est aussi réduite de moitié environ quand l'éclairement est divisé par deux.



Systèmes de régulation et de commande

On réalise des économies d'énergie substantielles et un confort excellent par un éclairage combinant détecteur de présence, sonde de luminosité, variateur et commande de stores. L'exemple suivant d'un éclairage de salle de classe ou de bureau illustre le fonctionnement d'une telle installation.

But de l'installation d'éclairage: assurer un éclairage uniforme d'au moins 750 lux sur les plans de travail.

Pendant la nuit, les lampes sont réglées sur la luminosité la plus forte aussitôt que le détecteur de présence signale une personne ou que les lampes sont allumées à l'aide de l'interrupteur. Quand plus personne n'est présent dans la pièce, la lumière s'éteint toute seule avec un petit décalage dans le temps. Quand la lumière du jour pénètre dans la pièce et que les sondes de luminosité indiquent un éclairage dépassant le seuil fixé, les lampes réduisent individuellement leur émission de lumière. Inversement, quand la lumière du jour diminue, l'éclairage est automatiquement renforcé à nouveau.

Une sonde extérieure mesure l'intensité du rayonnement solaire et la position du Soleil. Si le soleil pénétrant dans la pièce peut devenir la cause d'un éblouissement, le store descend et ses lamelles sont orientées de telle manière que la pénétration de la lumière du jour soit maximale sans toutefois que le soleil y brille directement. Quand la température extérieure est basse, le store s'abaisse automatiquement afin que la fenêtre ne refroidisse pas la pièce.

Au contraire, en cas de fort vent, il remonte pour se loger dans sa protection.

Les systèmes modernes de régulation de la lumière permettent, par un système centralisé de gestion du bâtiment (avec un bus pour les données), le déroulement dans chaque pièce d'un « scénario lumière » individuel préprogrammé et/ou commandé par des sondes. Les utilisateurs de la pièce peuvent naturellement, selon leurs besoins, intervenir par une télécommande dans le local.

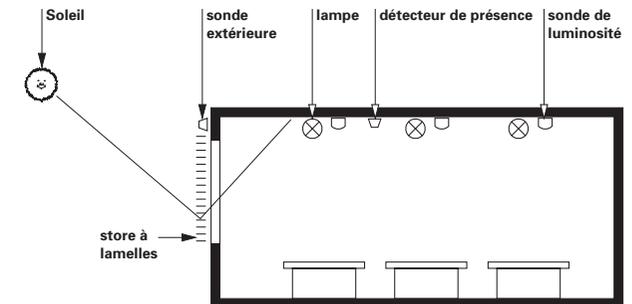


Fig. 11: Composants d'une régulation de la lumière et du rayonnement solaire incident

4.6 Choix des appareils

250'000 réfrigérateurs, 120'000 machines à laver et 110'000 lave-vaisselle sont vendus annuellement en Suisse, qu'il s'agisse d'un remplacement ou d'un premier achat. Souvent les consommateurs et consommatrices font leur choix en tenant compte uniquement du prix d'achat.

Il vaut toutefois la peine de comparer les frais d'énergie, car ils varient énormément d'un modèle à l'autre. Dans le cas d'une machine à laver qui est en fonction pendant douze ans, les frais courants pour l'eau et l'électricité atteignent jusqu'à trois le prix d'achat de la machine.

Pour les réfrigérateurs et les lave-vaisselle aussi, la consommation d'électricité peut varier du simple au double. Pour cuisiner, par contre, la consommation d'énergie dépend moins de la cuisinière installée que de la personne qui cuisine. Pour économiser, il faut arrêter assez tôt les plaques, préférer la marmite à vapeur et n'utiliser que des casseroles avec un fond plat et des couvercles s'adaptant parfaitement.

Étiquette énergétique

Comment peut-on trouver des appareils efficaces au point de vue énergétique? Pour les appareils réfrigérants, les machines à laver, les lave-vaisselle, les sèche-linge et, depuis peu, aussi les lampes, c'est simple dorénavant: les appareils avec l'étiquette énergétique «A» sont les plus économes, ceux avec l'étiquette «B» sont encore vraiment bons, et de «C» à «G» la consommation d'énergie augmente à chaque changement de catégorie. La consommation d'énergie est aussi indiquée dans la déclaration qui

doit être annexée au prospectus de vente. Une partie des appareils de bureau et des téléviseurs économes en énergie portent le label «Energie-Star». Les valeurs limites pour obtenir ce label de qualité sont chaque année plus sévères, car elles sont adaptées à l'évolution technologique. Les appareils porteurs du label ne sont normalement pas plus chers que les autres. Le marché, avec des clients toujours plus sensibilisés aux questions énergétiques, oblige les fabricants à donner plus de poids à ce critère d'achat. L'offre améliorée influence à son tour les clients et les utilisateurs.

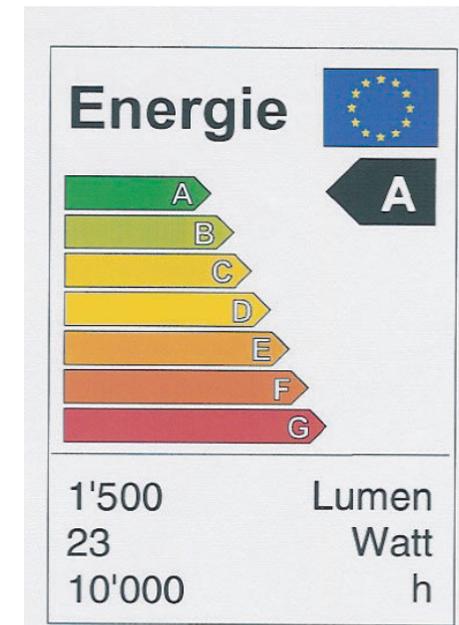


Fig. 12: Efficacité énergétique d'une lampe (étiquette énergétique)



Fig. 13: Efficacité énergétique d'un appareil de bureau (label «Energy-Star»)

Déclarer la consommation d'énergie (communiqué de presse)

L'étiquette énergétique pour les appareils ménagers

La consommation d'énergie des appareils ménagers doit dorénavant être déclarée. Le Conseil fédéral a décidé d'appliquer en Suisse les directives correspondantes de l'UE dès le 1er janvier 2002. Le Conseil fédéral veut promouvoir les appareils économes en énergie au moyen de l'«étiquette énergétique» et décourager l'achat d'appareils trop «gourmands» de ce point de vue là. La consommation d'électricité des réfrigérateurs et des congélateurs, des machines à laver, des tumblers, des lave-vaisselle et des lampes de ménage est indiquée avec une échelle de couleur facile à lire, qui va de A (vert) à G (rouge). Les appareils de la catégorie A utilisent 50 pour cent de moins d'électricité que les appareils classés D. En moyenne, chaque Suisse possède dans son ménage 23 appareils électriques. La vente d'appareils ménagers est un marché de 10 milliards de francs par an, tandis que les frais d'électricité s'élèvent à 5 milliards de francs. Les appareils qui font l'objet de la nouvelle déclaration représentent 13 pourcent de la consommation d'énergie.

L'Agence pour l'efficacité énergétique (SAFE) applaudit

L'Agence suisse pour l'efficacité énergétique (SAFE), comme l'a déclaré son directeur Conrad U. Brunner à notre demande, s'engage depuis longtemps en faveur de la déclaration obligatoire de la consommation d'électricité. C'est un instrument parfaitement adapté à la création d'un marché transparent. Dans son communiqué aux médias, la SAFE salue donc la décision du Conseil fédéral. Dans de nombreux cas, les appareils A ne sont pas plus chers et tout aussi bien équipés que les appareils consommant beaucoup plus d'électricité. Celui qui, lors de l'achat d'un appareil, fait attention à la consommation d'électricité, peut économiser à chaque fois quelques centaines de francs.

La prochaine étape serait l'introduction de prescriptions concernant l'homologation des appareils encore insuffisamment efficaces au point de vue énergétique (classes C à G). La déclaration serait aussi nécessaire pour tous les autres appareils électriques importants (téléviseurs, ordinateurs personnels, photocopieuses, fax, fours, chauffe-eau, pompes de circulation, escaliers roulant, etc.)



Réparation ou achat d'un appareil neuf?

Lorsqu'un appareil a un certain âge, la question se pose souvent de savoir si une réparation en vaut la peine. Pour cela, il faut considérer les points suivants:

Frais de réparation

Les frais de réparation et l'amortissement d'un nouvel appareil doivent être comparés entre eux. On calcule avec la durée de vie suivante:

Appareil	Durée de vie
cuisinière	20 ans
frigos, machines à laver, lave-vaisselle	10 à 15 ans
ordinateur, imprimante, fax	5 ans

Quand la moitié de la durée de vie est dépassée, il vaut la peine de remplacer l'appareil si les frais de réparation dépassent 10% du prix d'achat, surtout si le nouvel appareil est plus économe en énergie ou offre un meilleur service.

Performances et confort

L'évolution est rapide dans le domaine des appareils techniques. Souvent, les nouveaux appareils sont si performants, sûrs et confortables que la réparation du vieil appareil n'a plus beaucoup de sens.

Consommation d'énergie

Les nouveaux appareils consomment souvent beaucoup moins d'électricité ou disposent d'une bonne gestion de l'énergie.

Energie grise

L'énergie nécessaire à la fabrication d'un appareil et à la production des matériaux qui le constituent est appelée énergie grise. Cette énergie a été consommée et a grevé l'environnement sans qu'elle soit, pour autant, visible directement sur le produit. C'est pourquoi elle est souvent oubliée. L'énergie utilisée pour le transport et l'élimination du produit fait aussi partie de son énergie grise.

L'énergie grise est difficile à calculer, mais il existe une règle très approximative: le produit contient de un à trois kilowattheures d'énergie grise par franc payé. Nous pouvons aussi économiser de l'énergie grise, par un comportement de consommateur responsable et par des achats ciblés. Par exemple, lors du remplacement d'un ancien appareil encore en état de fonctionner, il faudrait tenir compte de l'énergie grise dans le bilan d'énergie. On verrait alors que l'échange d'un appareil fonctionnant encore bien contre un autre plus économe en énergie n'est généralement pas judicieux. Lors de l'achat, il faut donc toujours faire attention à la qualité, à la longévité et à l'existence d'un bon service de réparation.



Déclencher!

Pour les appareils de bureau, on distingue 4 modes de fonctionnement: le mode «travail», le mode «écran en veille» («stand-by», prêt à fonctionner), le mode «ordinateur en veille» («sleep») qui économise vraiment de l'énergie, mais ne se trouve pas encore sur tous les appareils, et le mode «arrêté» («AUS/OFF», déclenché).

Arrêter les appareils est la mesure la plus simple et la plus économique qui soit, du point de vue de la consommation d'électricité. Celui qui ne veut pas devoir manipuler à chaque fois un interrupteur, par exemple en cas d'interruptions fréquentes de son travail à l'ordinateur, peut automatiser le processus: l'ordinateur passe sur OFF s'il n'est plus utilisé et repart sur ON le moment venu.

Les consommations suivantes ont été mesurées sur un ordinateur avec un écran à tube cathodique de 17", une imprimante, un scanner et un modem, dans les quatre modes de fonctionnement et lors de l'utilisation d'un économiseur d'écran:

Modes de fonctionnement	Puissance	%
mode «travail»	130 W	100%
économiseur d'écran (écran presque noir)	120 W	92%
mode «écran en veille» («stand-by», écran sans affichage)	65 W	50%
mode «ordinateur en veille» («sleep»)	32 W	25%
arrêt (AUS/OFF)	0 W	0%

Contrairement à des préjugés rencontrés dans le monde entier, la durée de vie des appareils de bureau n'est d'aucune manière raccourcie par des mises en marche et des arrêts fréquents. Même la consommation d'électricité dans la phase d'initialisation ne diffère guère de celle en fonctionnement normal.

Beaucoup d'appareils comme la photocopieuse, le fax, la machine à café ne sont utilisés que pendant de courtes périodes. Dans l'intervalle, ils restent prêts à fonctionner et c'est ce mode «veille» qui pèse le plus sur leur consommation d'électricité. Les économiseurs d'écrans et le mode «écran en veille» font croire à tort à un fonctionnement économique et incitent à penser que l'arrêt complet n'est pas vraiment urgent.



4.7 Installations techniques du bâtiment

Un des plus importants groupes d'installations techniques du bâtiment, l'éclairage, est traité de manière détaillée dans le chapitre 4.5. Des consommateurs tout aussi importants sont les équipements auxiliaires des chauffages (pompes de circulation) et des installations de ventilation (surtout dans les bâtiments qui ne sont pas destinés à l'habitation). Les ascenseurs et autres installations de transport pèsent moins lourd dans la balance du point de vue de la consommation d'électricité. Les principes d'économie suivants s'appliquent à tous les consommateurs d'électricité:

1. Réduire la durée de fonctionnement (l'adapter aux besoins effectifs). C'est souvent possible avec des moyens très simples comme une reprogrammation, la pose d'une minuterie ou d'un détecteur de présence, etc.
2. Réduire les performances surdimensionnées (et éliminer celles qui sont superflues). Ceci aussi ne demande le plus souvent que des investissements modestes (adapter la régulation ou en introduire une s'il n'y en a pas encore, régler la vitesse de rotation des pompes et ventilateurs, etc.).
3. Améliorer le rendement. Il faut généralement pour cela de nouveaux appareils ou installations. Il est très important, lors des achats ou des rénovations effectués de toute façon, de ne pas oublier de tenir compte de l'efficacité énergétique (problème des occasions manquées, surtout lors de la maintenance de routine et des échanges standard).



4.8 Applications industrielles et artisanales

Beaucoup d'applications de l'électricité dans l'artisanat et l'industrie sont semblables à celles de l'habitat: l'éclairage, différents appareils, les installations techniques du bâtiment. En ce qui concerne les installations très variées correspondant aux activités spécifiques d'une entreprise, on ne peut guère formuler de règle générale, sinon rappeler les principes généraux d'économie du chapitre 4.7.



5. Exercices et solutions proposées

Exercice 1: Economiser avec la lampe à basse consommation d'énergie

Combien peut-on vraiment économiser avec une lampe à basse consommation d'énergie? On va le voir avec le tableau ci-dessous dans lequel les frais d'énergie et le prix d'achat d'une lampe à incandescence et d'une lampe à basse consommation d'énergie sont comparés, pour une période de 10'000 heures. Les frais pour l'élimination et le remplacement des lampes ne sont pas pris en compte.

On commence par noter un certain nombre de données de base:

- Prix d'achat d'une lampe à incandescence:
..... Fr.
- Prix d'achat d'une lampe à basse consommation d'énergie:
..... Fr.
- Puissance d'une lampe à incandescence:
..... kW
- Puissance d'une lampe à basse consommation d'énergie:
..... kW
- Durée de vie d'une lampe à incandescence:
..... h
- Durée de vie d'une lampe à basse consommation d'énergie:
..... h
- Coût d'un kilowattheure d'électricité:
..... Fr./kWh

Lampe à incandescence

Prix d'achat:

..... lampes à incandescence à Fr. = Fr.

Frais d'énergie:

$K = P \cdot t \cdot k$ [Fr. = kW · h · Fr./kWh]

$K = \dots + \dots + \dots = \text{Fr. } \dots$

Total

Fr.

Lampe à basse consommation d'énergie

Prix d'achat:

..... lampes à basse consommation d'énergie à Fr. = Fr.

Frais d'énergie:

$K = P \cdot t \cdot k$ [Fr. = kW · h · Fr./kWh]

$K = \dots + \dots + \dots = \text{Fr. } \dots$

Total

Fr.

Economie

Fr.

Conclusion:

Si l'on compte une durée d'utilisation moyenne quotidienne de 5 heures, 10'000 heures de fonctionnement (c'est la durée de vie d'une lampe à basse consommation d'énergie) correspondent à environ 5 ans ! Si l'on remplace dans un ménage p. ex. 8 lampes à incandescence, cela donne une économie de coût annuelle de Fr.



Solution de l'exercice 1: Economiser avec la lampe à basse consommation d'énergie

Combien peut-on vraiment économiser avec une lampe à basse consommation d'énergie? On va le voir avec le tableau ci-dessous dans lequel les frais d'énergie et le prix d'achat d'une lampe à incandescence et d'une lampe à basse consommation d'énergie sont comparés, pour une période de 10'000 heures. Les frais pour l'élimination et le remplacement des lampes ne sont pas pris en compte.

On commence par noter un certain nombre de données de base:

- Prix d'achat d'une lampe à incandescence:
.1.50 Fr.
- Prix d'achat d'une lampe à basse consommation d'énergie:
.15.00 . . . Fr.
- Puissance d'une lampe à incandescence:
.0.100 . . . kW
- Puissance d'une lampe à basse consommation d'énergie:
.0.020 . . . kW
- Durée de vie d'une lampe à incandescence:
.1'000 . . . h
- Durée de vie d'une lampe à basse consommation d'énergie:
.10'000 . . h
- Coût d'un kilowattheure d'électricité:
.0.20 Fr./kWh

Lampe à incandescence

Prix d'achat:

10 lampes à incandescence à Fr. 1.50 = Fr. 15.–

Frais d'énergie:

$$K = P \cdot t \cdot k \text{ [Fr. = kW} \cdot \text{h} \cdot \text{Fr./kWh]}$$

$$K = 0.1 \cdot 10'000 \cdot 0.20 = \text{Fr. 200.–}$$

Total

Fr. 215.–

Lampe à basse consommation d'énergie

Prix d'achat:

1 lampes à basse consommation d'énergie à Fr. 15.– = Fr. 15.–

Frais d'énergie:

$$K = P \cdot t \cdot k \text{ [Fr. = kW} \cdot \text{h} \cdot \text{Fr./kWh]}$$

$$K = 0.02 \cdot 10'000 \cdot 0.20 = \text{Fr. 40.–}$$

Total

Fr. 55.–

Economie

Fr. 160.–

Conclusion:

Si l'on compte une durée d'utilisation moyenne quotidienne de 5 heures, 10'000 heures de fonctionnement (c'est la durée de vie d'une lampe à basse consommation d'énergie) correspondent à environ 5 ans ! Si l'on remplace dans un ménage p. ex. 8 lampes à incandescence, cela donne une économie de coût annuelle de **Fr. 256.–**



Exercice 2: Détermination de la puissance à l'aide du compteur

a) Relevez le compteur d'électricité, chez vous à la maison, déterminez la consommation d'énergie d'une semaine et calculez la puissance moyenne appelée par les appareils branchés sur le compteur.

Premier relevé:

Date: heure:

indications du compteur:

– tarif heures pleines:

– tarif heures creuses:

Second relevé:

Date: heure:

indications du compteur:

– tarif heures pleines:

– tarif heures creuses:

Consommation:

– tarif heures pleines:

– tarif heures creuses:

Total tous tarifs: kWh

Nombre d'heures écoulées entre les deux relevés (une semaine): h

$$P = \frac{W}{t} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} = \text{..... kW}$$

b) Calculez la puissance instantanée sur la base d'une seule lecture du compteur.

Constante du compteur:

C = 1/kWh

Temps chronométré:

t = s

Nombre de tours du disque du compteur:

n =

$$P = \frac{n \cdot 3600}{t \cdot C} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} = \text{..... kW}$$



Exercice 3: Consommation d'électricité d'une famille de 4 personnes

La consommation hebdomadaire d'énergie électrique d'une famille de 4 personnes habitant un appartement de 4 pièces doit être calculée. La consommation est répartie selon le tableau ci-après dans les catégories suivantes:

- Cuisson
- Réfrigération
- Lave-vaisselle
- Hygiène
- Divertissement
- Eclairage

Comme base, on choisira une semaine en automne avec un temps variable.

Lors de votre enquête, procédez selon les quatre étapes suivantes :

a) Puissance des appareils consommateurs

La puissance des différents consommateurs sera calculée sur la base des indications des fabricants, des plaquettes signalétiques ou de manuels spécialisés. Dans beaucoup de cas, on sera obligé de se baser sur des estimations, car p. ex. les appareils à thermostat n'appellent pas constamment leur pleine puissance. Pour l'éclairage aussi, la durée de fonc-

tionnement des différentes lampes est souvent variable de l'une à l'autre.

b) Durée de fonctionnement

Observez pendant une semaine la durée de fonctionnement des différents consommateurs ou la fréquence de leur utilisation; reportez vos résultats dans le tableau. Pour les appareils comme le réfrigérateur, la durée de fonctionnement dépend essentiellement de l'utilisation. On postulera une durée de fonctionnement approximative de la moitié de la durée du test.

c) Consommation d'énergie

Les valeurs ainsi déterminées permettent maintenant de calculer la consommation d'énergie journalière et hebdomadaire et la somme par catégorie (arrondie à 0,5 kWh)

$$W = P \cdot t \quad [\text{kWh} = \text{kW} \cdot \text{h}]$$

d) Répartition entre les différentes catégories

Le total global est fixé à 100% et la quote-part des différentes catégories est calculée en pourcent. Le résultat peut être représenté graphiquement dans un diagramme circulaire.



Exercice 3: Tableau à remplir

Consommation d'électricité d'une famille de 4 personnes habitant un appartement de 4 pièces

Consommateurs	Puissance moyenne [kW]	Durée de fonctionnement quotidienne [h]	Durée de fonctionnement hebdomadaire [h]	Energie consommée pour un lavage [kWh]	Consommation hebdomadaire d'énergie [kWh]	en % de la consommation totale d'énergie
Cuisinière, par plaque	*					
Four	*					
Machine à café						
Total cuisson						
Réfrigérateur			*			
Congélateur			*			
Total réfrigération						
Lave-vaisselle		X				
Machine à laver			X			
Fer à repasser						
Sèche-cheveux						
Aspirateur à poussière						
Total hygiène						
TV, magnétoscope						
PC avec écran cathodique						
Divertissement						
Lumière cuisine						
Lumière séjour						
Lumière ch. à coucher						
Lumière ch. d'enfants 1						
Lumière ch. d'enfants 2						
Lumière bain/WC						
Lumière corridor						
Total éclairage						
Total général						

* Pour les plaques et le four, on calculera avec la moitié de la puissance maximum. On supposera aussi que les appareils réfrigérants fonctionnent en tout pendant 50% de la durée du test.



Exercice 3: Tableau avec les données de puissance et de consommation

Consommation d'électricité d'une famille de 4 personnes habitant un appartement de 4 pièces

Consommateurs	Puissance moyenne [kW]	Durée de fonctionnement quotidienne [h]	Durée de fonctionnement hebdomadaire [h]	Energie consommée pour un lavage [kWh]	Consommation hebdomadaire d'énergie [kWh]	en % de la consommation totale d'énergie
Cuisinière, par plaque	1,2 *					
Four	2 *					
Machine à café	2					
Total cuisson						
Réfrigérateur	0,1	*				
Congélateur	0,1	*				
Total réfrigération						
Lave-vaisselle		X		1,5		
Machine à laver			X	3		
Fer à repasser	1					
Sèche-cheveux	1,2					
Aspirateur à poussière	0,8					
Total hygiène						
TV, magnétoscope	0,25					
PC avec écran cathodique	0,2					
Divertissement						
Lumière cuisine	0,05					
Lumière séjour	0,15					
Lumière ch. à coucher	0,1					
Lumière ch. d'enfants 1	0,1					
Lumière ch. d'enfants 2	0,1					
Lumière bain/WC	0,05					
Lumière corridor	0,06					
Total éclairage						
Total général						

* Pour les plaques et le four, on calculera avec la moitié de la puissance maximum. On supposera aussi que les appareils réfrigérants fonctionnent en tout pendant 50% de la durée du test.



Exercice 3: Tableau complet avec toutes les valeurs calculées

Consommation d'électricité d'une famille de 4 personnes habitant un appartement de 4 pièces

Consommateurs	Puissance moyenne [kW]	Durée de fonctionnement quotidienne [h]	Durée de fonctionnement hebdomadaire [h]	Energie consommée pour un lavage [kWh]	Consommation hebdomadaire d'énergie [kWh]	en % de la consommation totale d'énergie
Cuisinière, par plaque	1,2 *	1,5	10,5		12,5	
Four	2 *		1		2	
Machine à café	2	0,25	1,75		3,5	
Total cuisson					18	22 %
Réfrigérateur	0,1	12 *	84		8,5	
Congélateur	0,1	12 *	84		8,5	
Total réfrigération					17	21 %
Lave-vaisselle		1 x		1,5	10,5	13 %
Machine à laver			3 x	3	9	
Fer à repasser	1		2		2	
Sèche-cheveux	1,2	0,25	1,75		2	
Aspirateur à poussière	0,8		1		1	
Total hygiène					14	17,5 %
TV, magnétoscope	0,2	3	21		4	
PC avec écran cathodique	0,15	2	14		2	
Divertissement					6	7,5 %
Lumière cuisine	0,05	3	21		1	
Lumière séjour	0,15	5	35		5,5	
Lumière ch. à coucher	0,1	2	14		1,5	
Lumière ch. d'enfants 1	0,1	3	21		2	
Lumière ch. d'enfants 2	0,1	3	21		2	
Lumière bain/WC	0,05	2	14		1,5	
Lumière corridor	0,06	5	35		2	
Total éclairage					15,5	19 %
Total général					81	100 %

* Pour les plaques et le four, on calculera avec la moitié de la puissance maximum. On supposera aussi que les appareils réfrigérants fonctionnent en tout pendant 50% de la durée du test.



6 Bibliographie

Programmes d'impulsion (RAVEL, PI-BAT, PACER),
CD-ROM avec notamment

- Habitat et économies d'énergie, des réponses pratiques RAVEL 1995
724.386f
- Eclairage. Eléments d'éclairagisme RAVEL 1993
724.329.1f
- Eclairage dans les bureaux RAVEL 1994
724.329.2f

Les publications des programmes d'impulsion sur CD-ROM sont à commander auprès de la Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA), Case postale, 8039 Zürich.

Maja Messmer et al.: L'énergie, facteur-clé de notre temps, Office fédéral des questions conjoncturelles.
A commander chez LEP, Loisirs et pédagogie, 1052 Le Mont-sur-Lausanne, tél. 021 651 25 70

Site Internet www.topten.ch

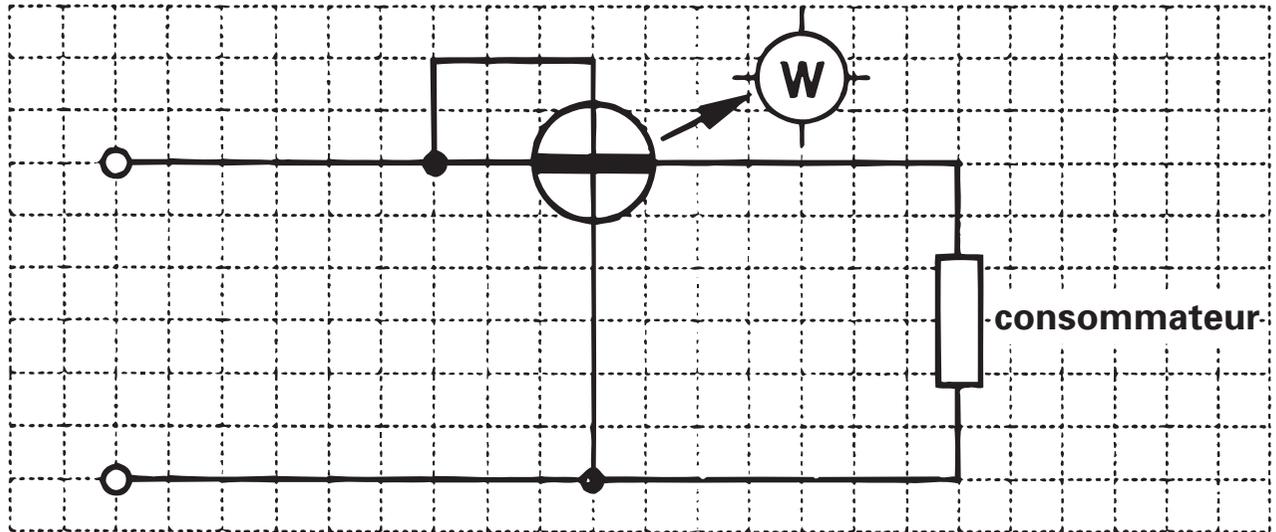
Agence suisse pour l'efficacité énergétique (SAFE): www.energieagentur.ch

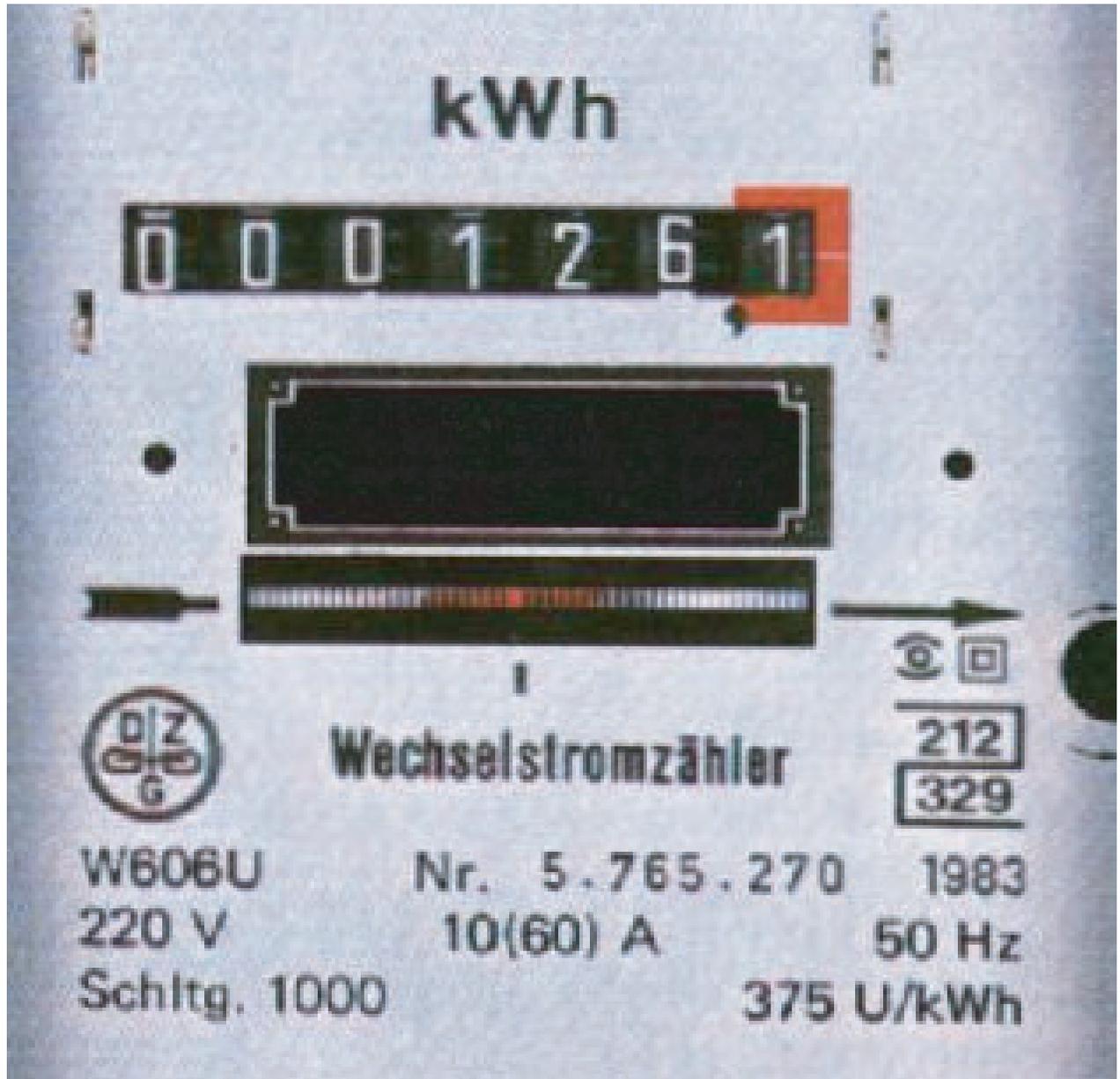


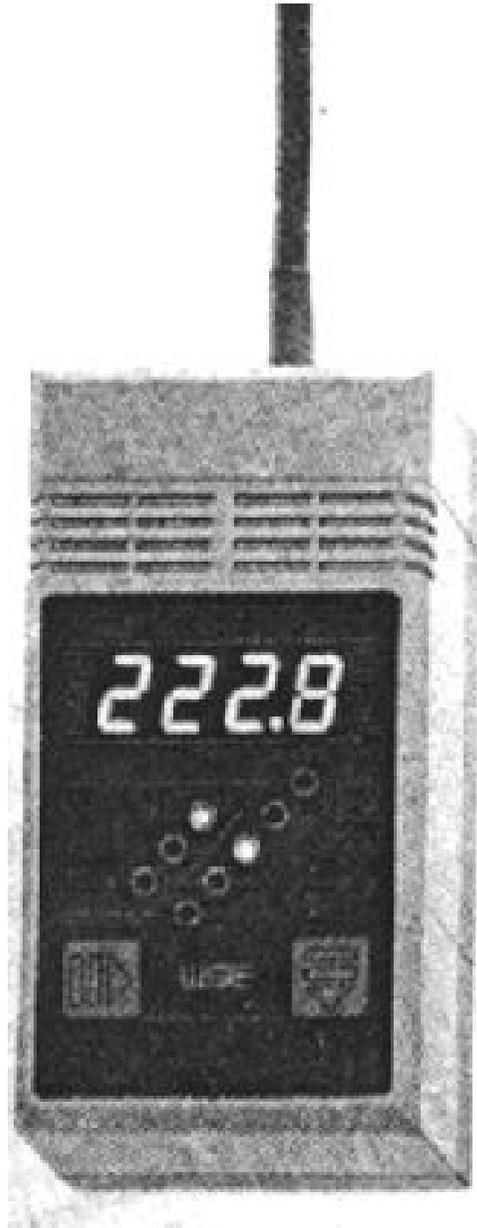
7 Sources

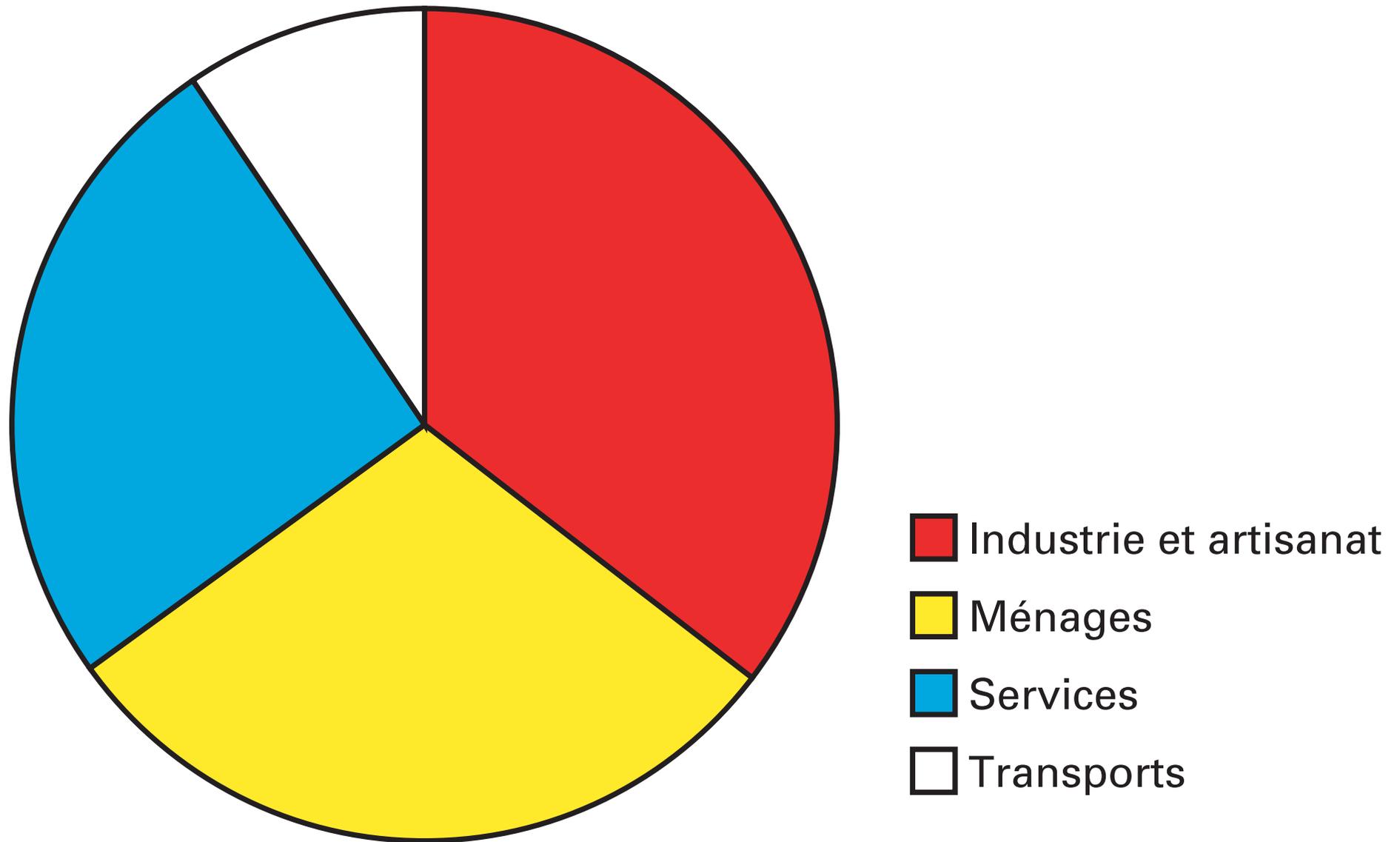
N° Fig.	Titre de l'illustration	Titre du livre	Auteur, éditeur
1	Mesure avec un wattmètre	Elektrotechnik 2	Hans Roth /Sauerländer
2	Compteur électrique		USIE
3	Appareil de mesure de l'énergie		EMU Elektronik SA
4	Consommation d'électricité		Office fédéral de la statistique
5	Les plus grands consommateurs	Power Box	Programme d'impulsion Ravel
6	Étiquette énergétique		OFEN
7	Consommation en mode «veille»	Power Box	Programme d'impulsion Ravel
8	Techniques d'éclairage améliorées	Power Box	Programme d'impulsion Ravel
9	Lampe à incandescence = chauffage	Power Box	Programme d'impulsion Ravel
10	Formes de lampes à basse consommation d'énergie		Osram SA
11	Régulation de la lumière et du rayonnement solaire		U. Marti
12	Étiquette énergétique d'une lampe		OFEN
13	Label «Energy-Star»		UE

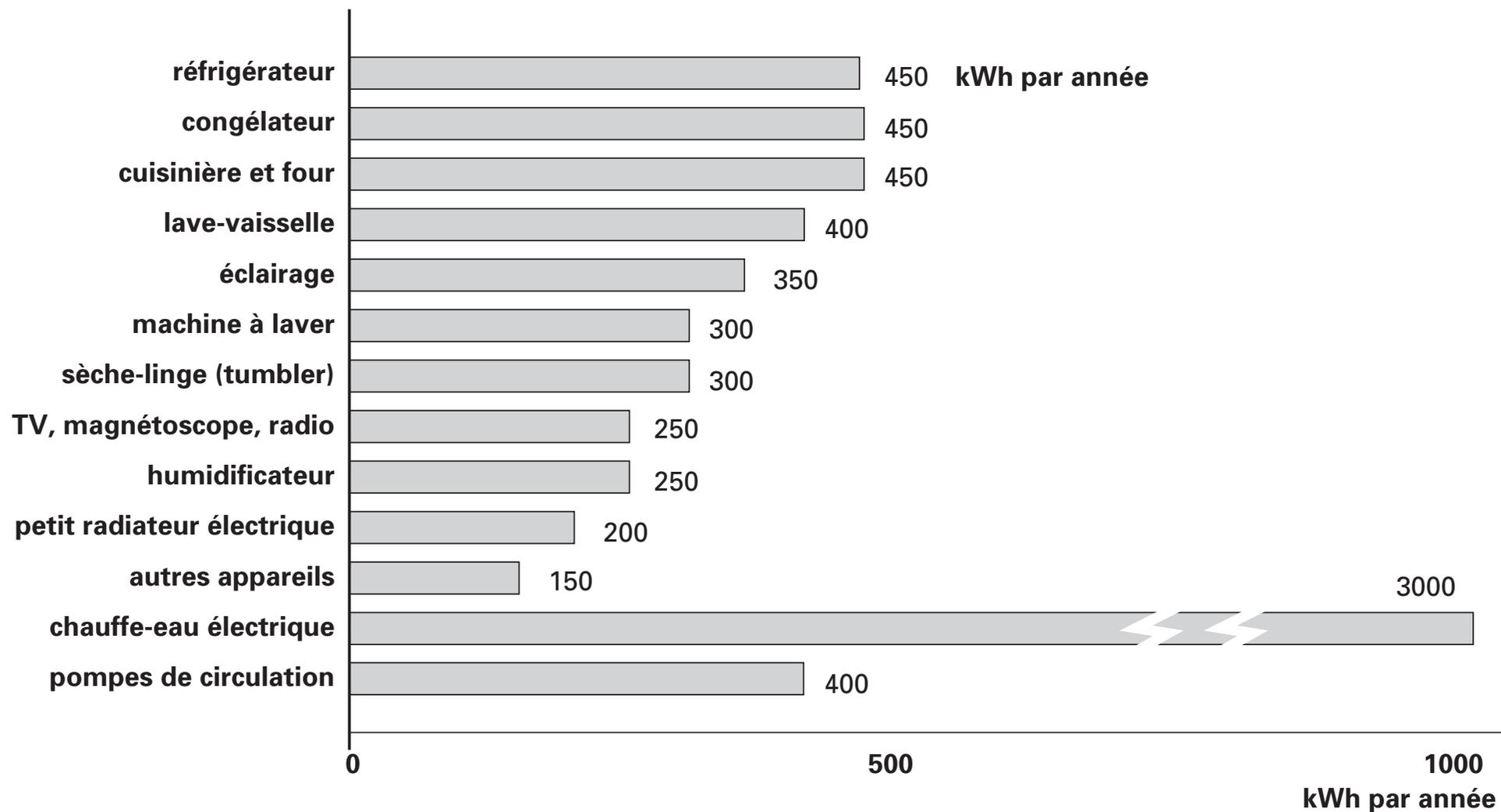
8 Modèles

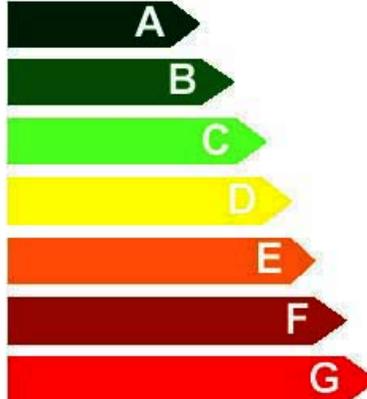






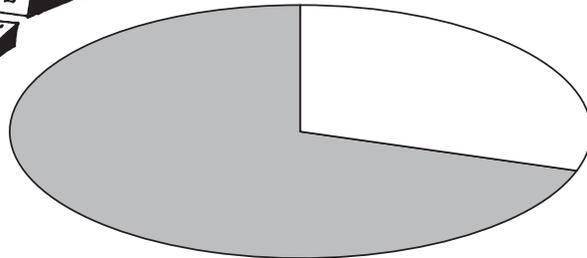




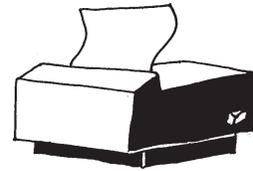
<p>Energie Fabricant Modèle</p>	<p>Logo ABC 123</p>
<p>Consommation d'énergie faible</p>  <p>Consommation d'énergie élevée</p>	
<p>Consommation kWh/an <i>(Sur la base des résultats des tests normalisés pendant 24 heures)</i> La consommation réelle d'énergie dépend du mode d'utilisation et de l'emplacement de l'appareil.</p>	<p>420</p>
<p>Volume du réfrigérateur I Volume du congélateur I</p>	<p>214 99 </p>
<p>Niveau acoustique dB(A) re 1 pW Le détail d'autres caractéristiques se trouve dans le prospectus Norme EN 153, Directive n° 94/2/CEE concernat les réfrigérateurs</p>	<p>38 </p>



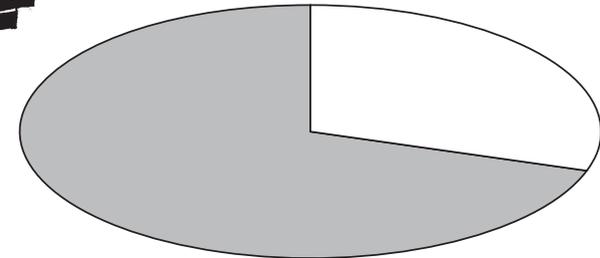
calculer (30%)



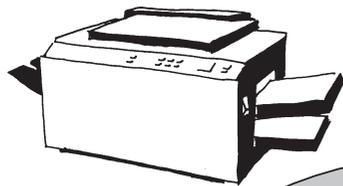
mode «veille» (70%)



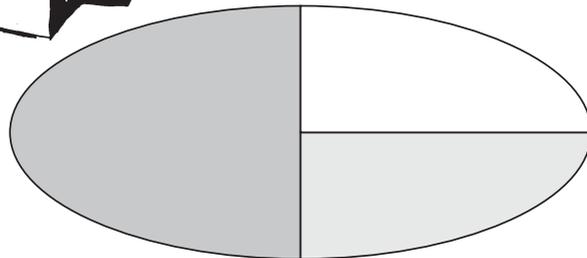
imprimer (30%)



mode «veille» (70%)



copier (25%)

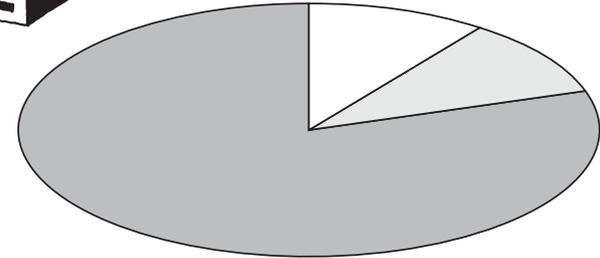


mode «veille» (50%) «déclenché» (25%)

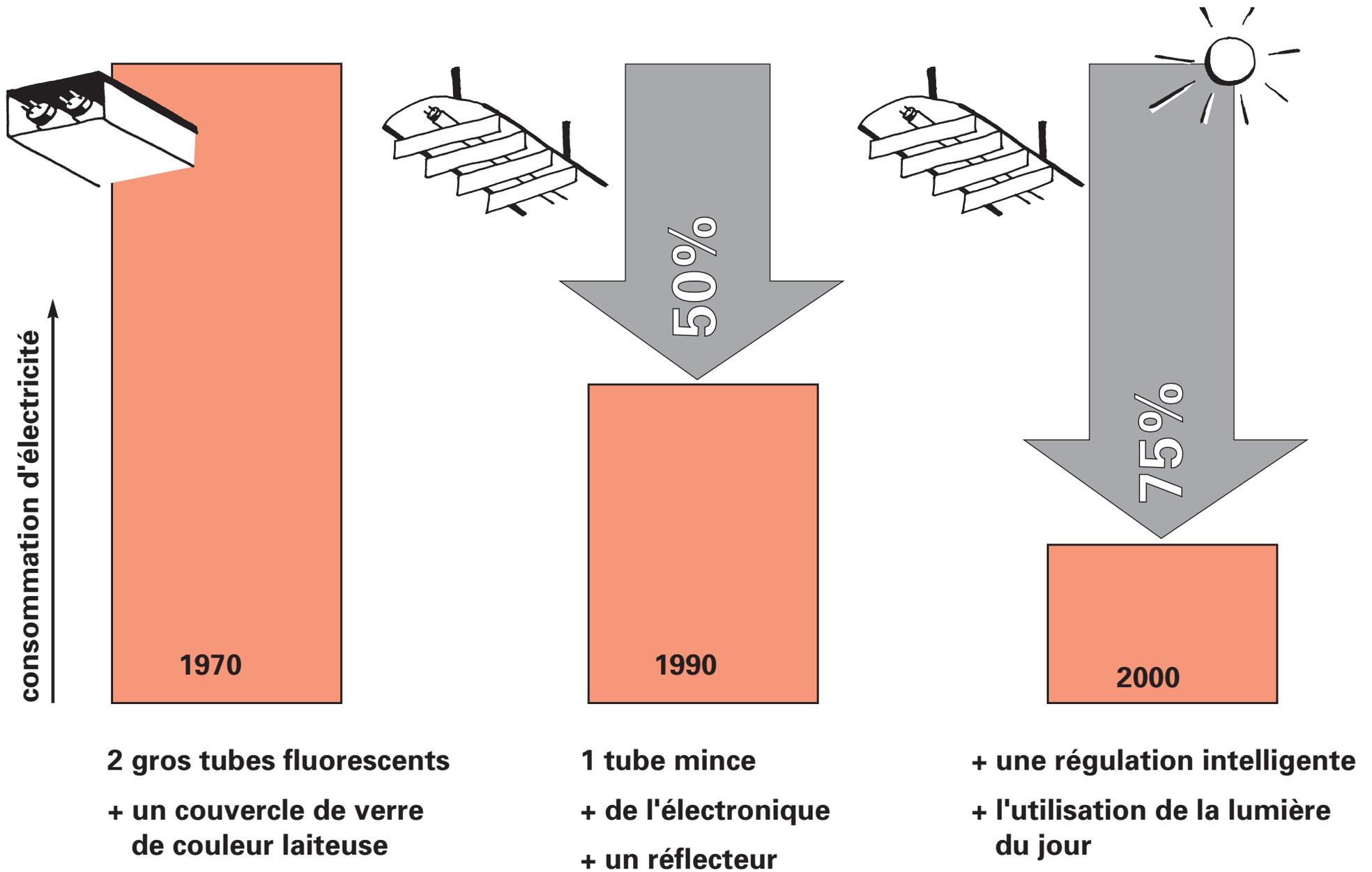


recevoir (10%)

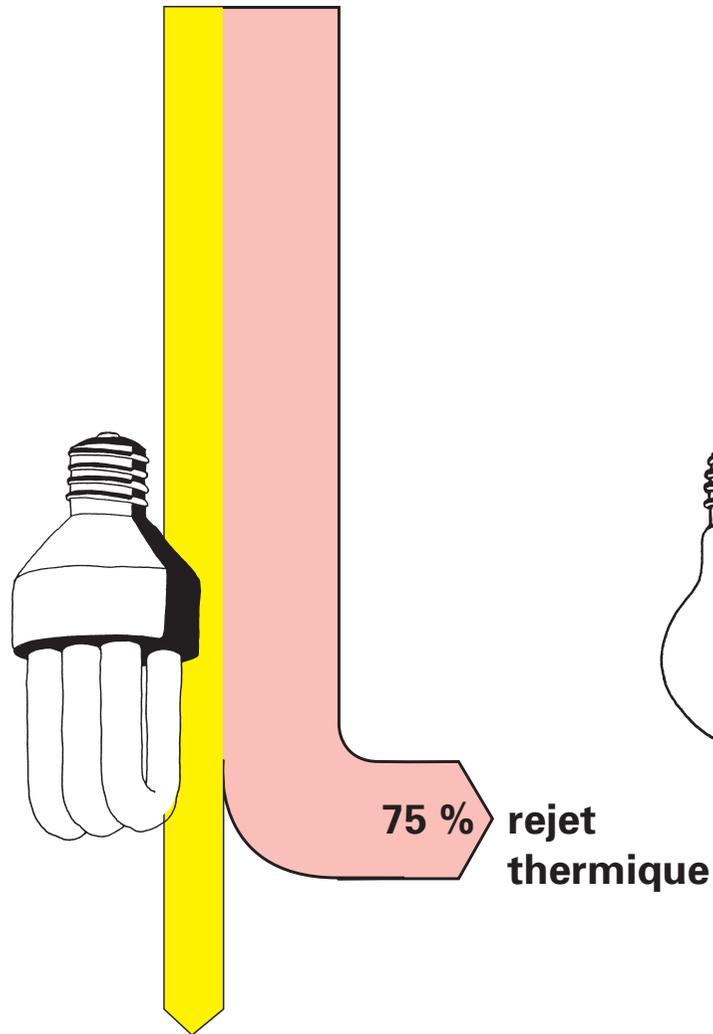
envoyer (10%)



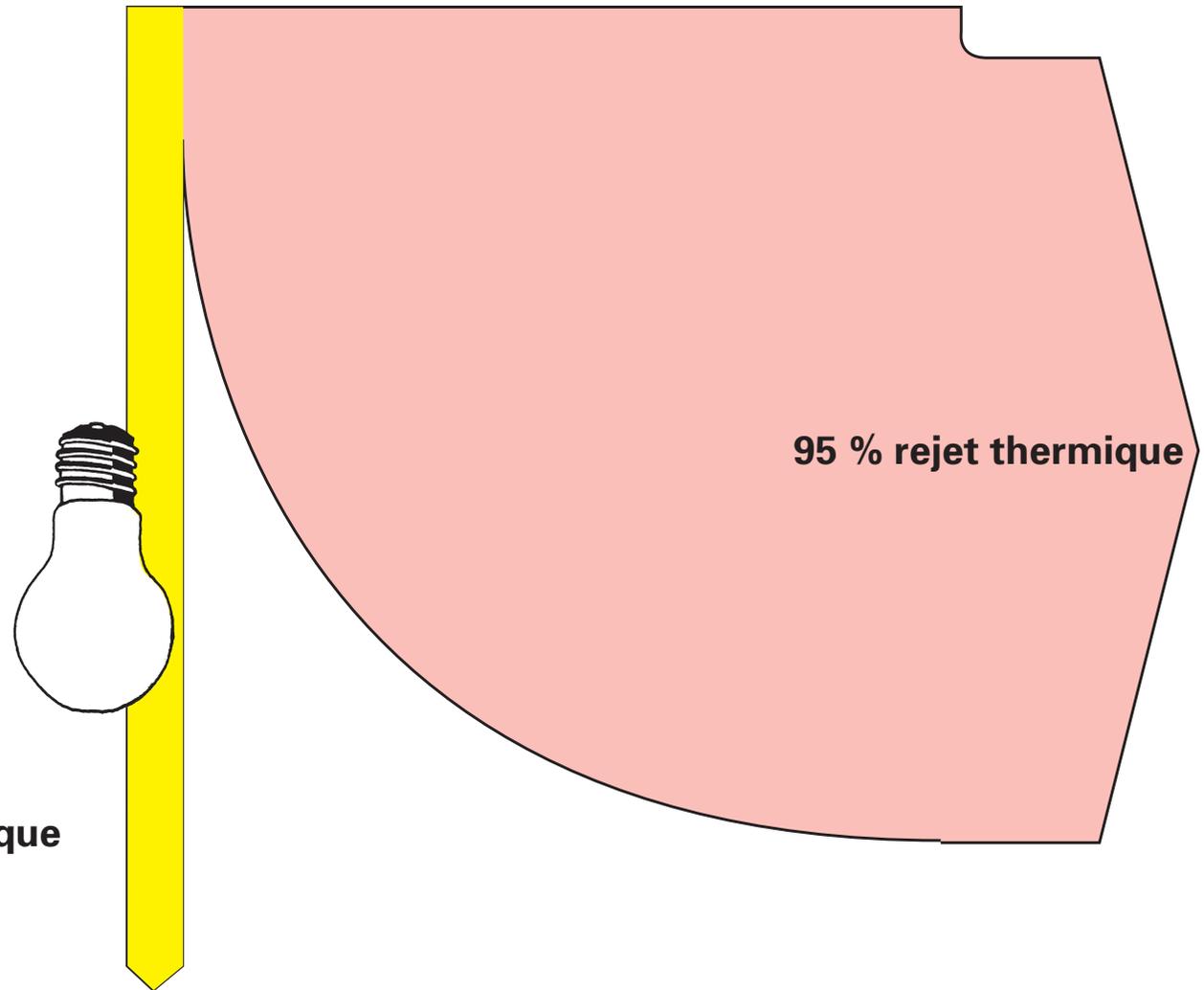
mode «veille» (80%)



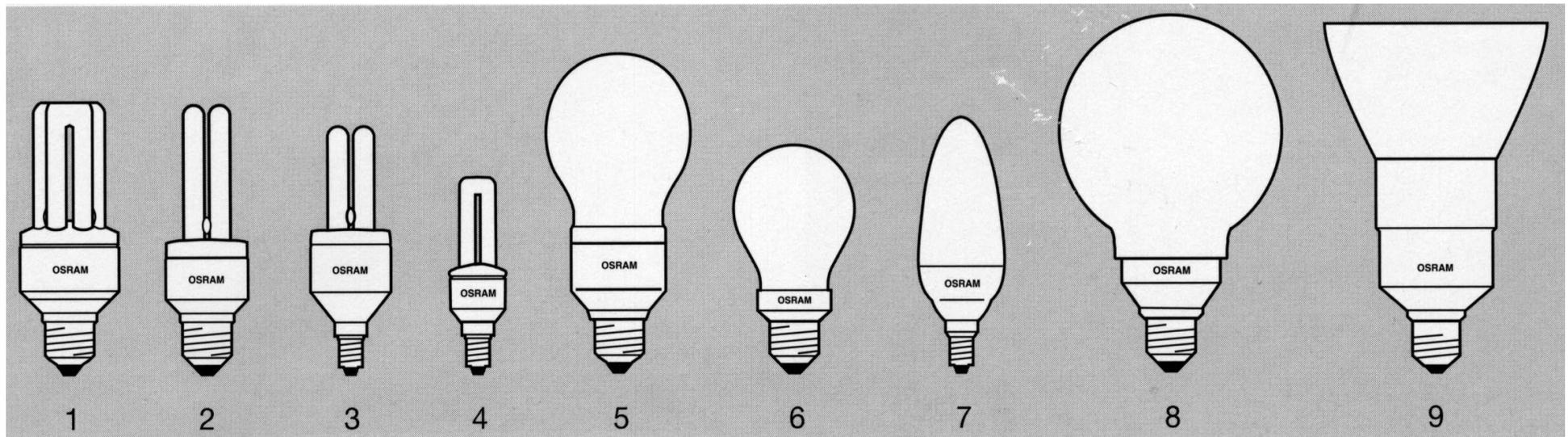
énergie électrique



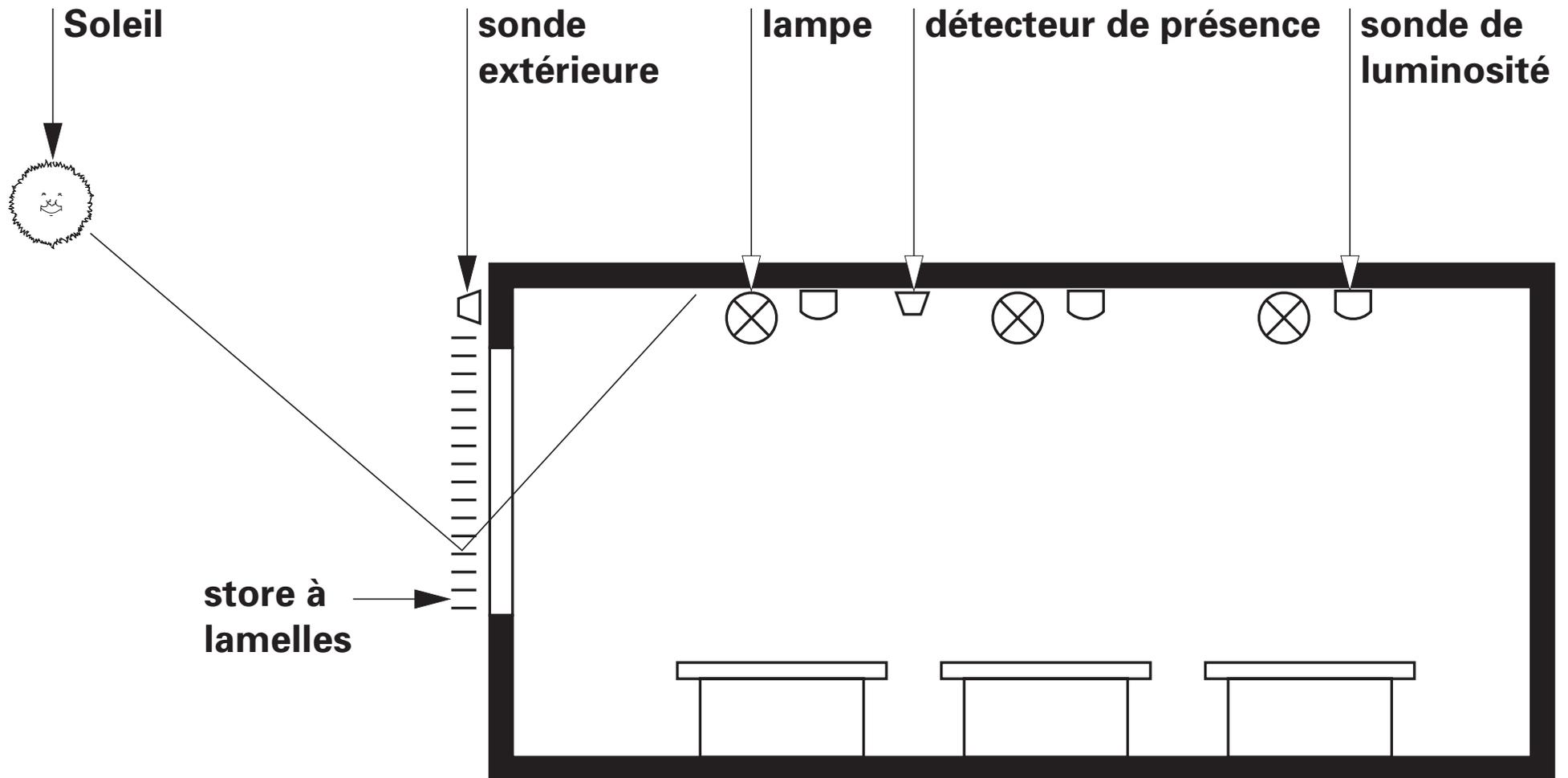
énergie électrique

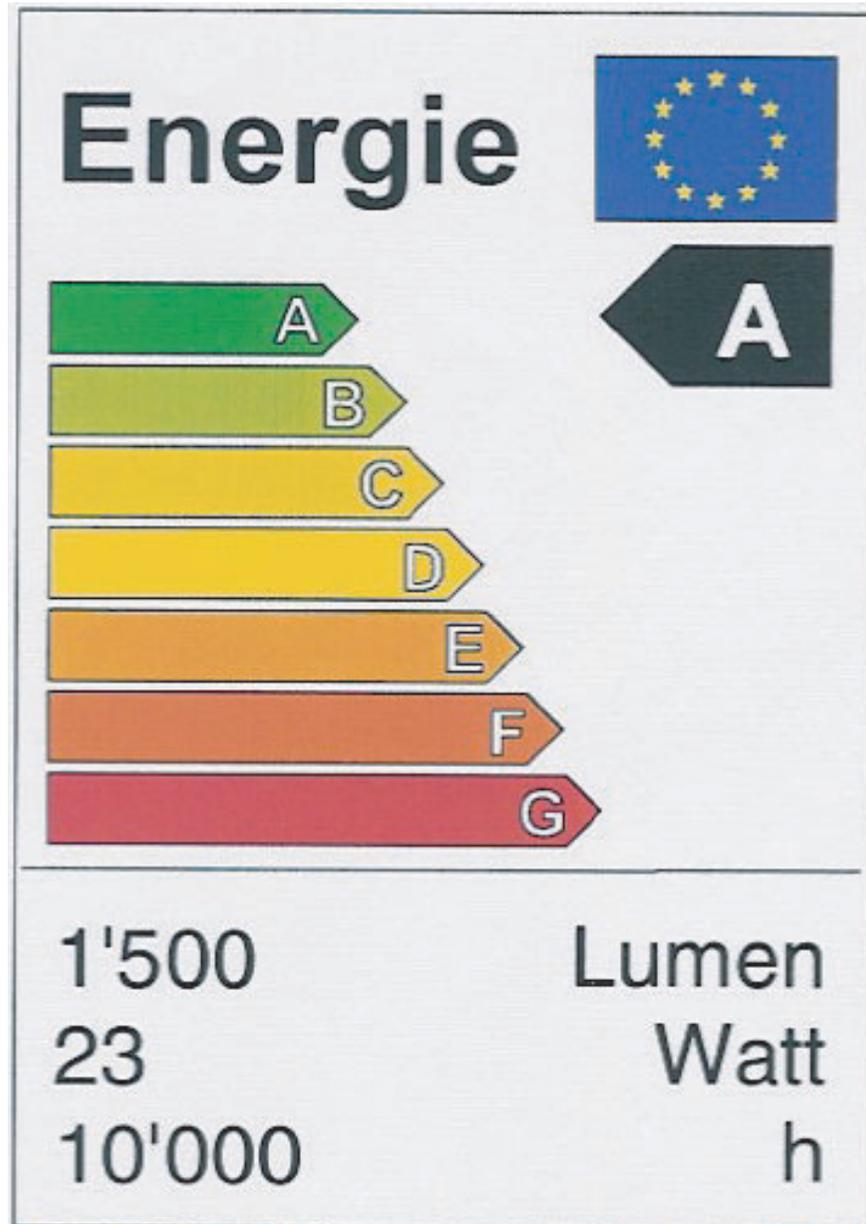


les deux lampes éclairent aussi bien l'une que l'autre



Position	Forme de lampe	Puissance	Pas de vis
1	tubes coudés trois fois	15 à 23 W	E27
2	tubes coudés deux fois	5 à 12 W	E27
3	tubes coudés deux fois	5 à 12 W	E14
4	tube coudé une fois	3 W	E14
5	semblable à une lampe à incandescence	8 à 16 W	E27
6	lampe à incandescence	5 à 15 W	E27
7	bougie	5 W	E14
8	globe (ballon)	15 à 21 W	E27
9	spot	15 à 20 W	E27







Modèle en rapport avec le tableau de la page 17

Eclairage recommandé

Un éclairage suffisant contribue au bien-être des personnes. Il augmente le rendement personnel, aide à réduire le nombre des accidents et des erreurs et prévient la fatigue rapide des yeux.

Tâche confiée à l'œil	Exemples	Eclairage [Lx]
orientation		
facile		
normale		
difficile		
très difficile		
cas spéciaux		

Modèle en rapport avec le tableau de la page 17

Eclairage recommandé

Un éclairage suffisant contribue au bien-être des personnes. Il augmente le rendement personnel, aide à réduire le nombre des accidents et des erreurs et prévient la fatigue rapide des yeux.

Tâche confiée à l'œil	Exemples	Eclairage [Lx]
orientation	corridor, chambre à coucher, grand dépôt	
facile	salon, restaurant, salle des machines	
normale	cuisine, halle de montage, local de vente local avec travail à l'écran salle de classe	
difficile	microtechnique, dessin technique	
très difficile	orfèvre	
cas spéciaux	table d'opération	