

Fonctionnement

Le cumulus est composé d'un réservoir équipé d'une résistance électrique incorporée pour le chauffage de l'eau. Le réglage de la température de l'eau à l'intérieur du réservoir est assuré par un thermostat.

A chacun son chauffe-eau

Il existe différents modèles de cumulus électrique, à choisir en fonction de la configuration de votre logement et de l'emplacement attribué à la cuve.

Les petits chauffe-eau : d'une contenance de 10, 15 ou 30 litres, ils sont indiqués pour un usage domestique (cuisines et chambres d'étudiants).

Les chauffe-eau à accumulation : d'une contenance de 50 à 500 litres et plus, ils chauffent l'eau accumulée. Les chauffe-eau à accumulation sont conçus pour une famille moyenne. Pour un usage professionnel, il est préférable d'utiliser des chauffe-eau de grande contenance ou de haute puissance. Prévoyez une contenance de 50 litres par occupant en moyenne.

Les chauffe-eau horizontaux : à n'installer que pour des configurations spécifiques d'encombrement, car leur rendement est plus faible.

Il existe aussi plusieurs technologies de chauffe :

Résistance thermoplongée : directement en contact avec l'eau, elle est sensible au calcaire.

Résistance stéatite : protégée de l'eau par un fourreau en acier émaillé, elle limite la formation de calcaire, se remplace facilement, sans vidange, elle est plus silencieuse.

Conseils d'installation

Il est préférable que le cumulus et le réseau de distribution soient installés à l'intérieur de la partie habitable (chauffée) de votre logement. En outre, si vous devez l'installer en dehors de ce volume (garage, cave), veillez à isoler thermiquement les canalisations et la cuve. En cas d'installation à l'étage, un bac de rétention relié à l'évacuation doit être installé sous l'appareil pour éviter les dégâts des eaux en cas de fuite. Choisissez de préférence un endroit facilement accessible pour la pose et l'entretien du chauffe-eau.

Avantages du cumulus électrique

Le cumulus électrique présente des avantages très intéressants. D'une part, il permet de mieux contrôler vos dépenses puisque l'appareil, muni d'un thermostat, chauffe l'eau selon les besoins en quantité d'eau chaude. S'il est en plus alimenté via un contacteur électrique heures creuses, il chauffe pendant les heures creuses, notamment la nuit, vous faisant faire des économies. D'autre part, il s'agit d'un système fiable, nécessitant peu d'entretien et très confortable, la température de l'eau restant constante.

Guide du ballon d'eau chaude électrique ou « Cumulus »

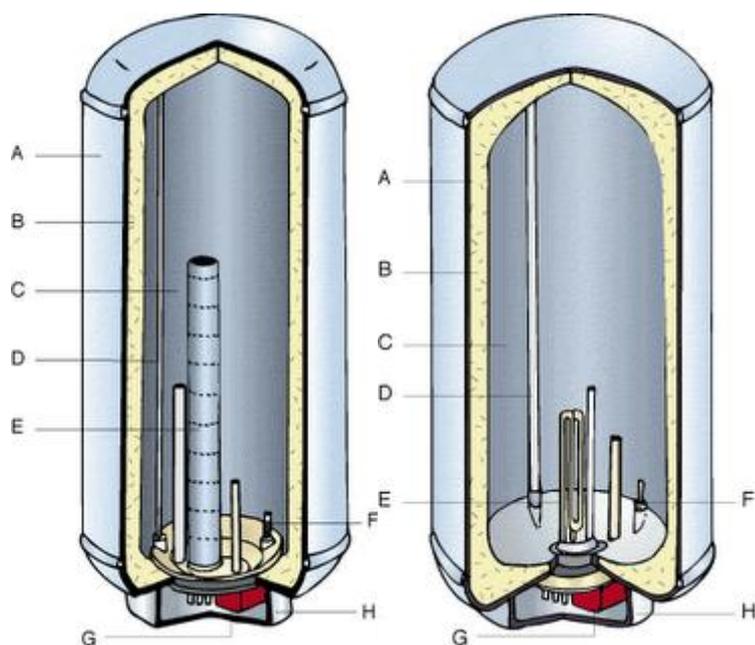


Elément indispensable du confort moderne, le ballon d'eau chaude électrique a pris place dans de très nombreux domiciles. Fonctionnant à l'alimentation électrique, il permet de satisfaire aux besoins d'eau chaude sanitaire de tous.

Le ballon chauffe-eau électrique

Il est simple à poser et à entretenir. Il est disponible de 10 à 300 l en fonction de vos besoins et de la place dont vous disposez (verticalement en le fixant au mur, ou horizontalement, soit en le fixant au mur, au sol ou au plafond), et plusieurs ballons peuvent être couplés pour obtenir de plus grande capacité comme par exemple pour un grand salon de coiffure.

Un ballon d'eau chaude est une cuve fermée dans laquelle se trouve une résistance électrique commandée par un thermostat. L'eau froide qui arrive dans la cuve est chauffée par cette résistance dont le thermostat coupe l'alimentation électrique quand l'eau est à bonne température. La cuve est toujours pleine, c'est à dire que la circulation à l'intérieur s'effectue quand on ouvre son robinet d'eau chaude ou que l'on prend une douche : L'eau froide sous pression remplace petit à petit la quantité d'eau chaude qui s'évacue, puis le thermostat remet en route la résistance électrique pour faire remonter la température de l'eau. Le ballon est constamment sous la pression de l'eau froide. Il faut donc posséder un limiteur de pression (groupe de sécurité, voir plus bas) sur l'arrivée générale d'eau froide.



A : jaquette en tôle peinte

B : Isolation (en général, mousse de polyuréthane)

C : Cuve émaillée ou non

D : canne d'aspiration d'eau chaude (prend l'eau en partie haute)

E : Résistance électrique

F : Arrivée d'eau froide (en partie basse du ballon)

G : Boîtier du thermostat

H : Capotage de la partie électrique

Les ballons électriques représentés ici sont de modèle vertical. En cas de modèle horizontal, la disposition à l'intérieur des composants est différente suivant les marques.

Les différentes résistances électriques

Il existe principalement deux types de résistances électriques pour l'équipement des ballons d'eau chaude électriques : La classique résistance thermo-plongée (thermoplongeur) et la résistance stéatite.



La résistance thermo-plongée



La résistance stéatite

Résistance thermo-plongée ou thermoplongeur : Résistance en inox (type machine à laver), directement plongée dans l'eau (le calcaire cristallise à sa surface et réduit ses performances). Elle chauffe légèrement plus rapidement (5 heures pour un 200 litres) que son homologue « stéatite ».

Inconvénients :

- Il faut vidanger le ballon pour accéder à la résistance
- Le détartrage est plus fréquent et plus difficile
- Le calcaire s'y dépose plus vite, provoque la détérioration de la résistance et des bruits pendant la mise en chauffe

Résistance stéatite : Résistance en briques réfractaires insérée dans un fourreau en acier émaillé. Elle demande environ 6 heures de chauffe pour un 200 litres.

Avantages :

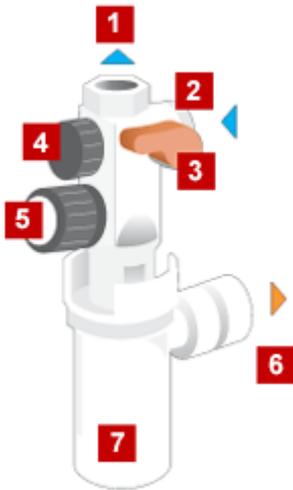
- En cas d'intervention sur le chauffe-eau, pas besoin de vidanger pour accéder à la résistance
- Il suffit de nettoyer le fourreau pour le détartrer
- La « stéatite » ne subit pas la cristallisation du calcaire. Le calcaire se dépose donc de façon très limitée, il ne détériore pas la résistance et la mise en chauffe est silencieuse.

Les chauffe-eau dits « ACI » sont équipés d'une résistance stéatite. De plus, la protection contre la corrosion de la cuve se fait grâce à une anode. Elle peut être en magnésium, et dans ce cas, elle est sensible à l'électrolyse. Vous devez la changer régulièrement (tous les deux ou trois ans pour conserver l'efficacité du chauffe-eau). Elle peut également être en titane, et dans ce cas, elle est quasiment inusable et ne nécessite aucun entretien.

Le groupe de sécurité

C'est un élément essentiel et obligatoire qu'il faut installer sur tous les systèmes de production d'eau chaude sanitaire à accumulation. Lorsque l'eau chauffe, elle se dilate et la pression peut provoquer des fuites au niveau des joints. Le groupe de sécurité contrôle en permanence la pression à l'intérieur du ballon et permet

l'écoulement du trop-plein en cas de surpression (à partir de 3 Bars).



Il est branché sur l'arrivée d'eau froide puis est raccordé à l'égout (par l'intermédiaire d'un siphon). En fonctionnement normal, le groupe laisse échapper occasionnellement un petit volume d'eau pour rétablir la pression à l'intérieur du ballon. Il est conseillé d'actionner sa vidange une fois par mois afin d'éliminer le tartre qui se dépose dans la soupape. Dans le cas du remplacement d'un ballon, il est déconseillé de récupérer le groupe de sécurité

Rayonnement, convection, confort thermique ...

Les panneaux radiants ou rayonnants

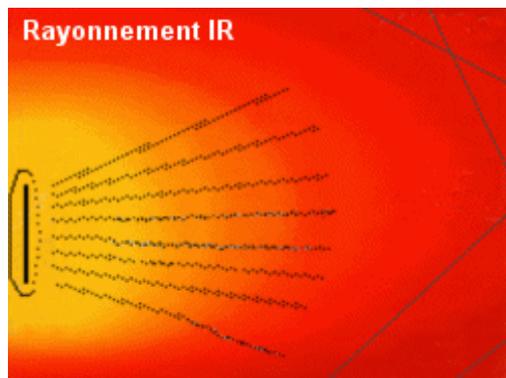
Sous l'appellation "panneau rayonnant", on désigne généralement des émetteurs de chaleur muraux haute température en tôle et sans inertie dans lesquels un réseau de résistances chauffe à haute température une plaque métallique protégée le plus souvent par une grille alvéolée qui laisse passer la chaleur par rayonnement mais aussi, en grande partie par convection.

En terme d'efficacité et de confort thermique, les panneaux radiants se placent devant les convecteurs. Si une partie de l'énergie électrique consommée est effectivement restituée sous forme de rayonnement, la température élevée des éléments chauffant en contact avec l'air provoque une convection importante, source de désagréments et de déperdition thermique vers le plafond.

Le rayonnement équilibre les échanges radiant et réchauffe les objets et les parois situées à proximité du radiateur, mais l'absence d'inertie thermique, et donc le fonctionnement par à-coups produit des sensations de chaud et de froid.



Le rayonnement électromagnétique se présente sous la forme d'ondes infrarouges qui se propagent de l'élément le plus chaud vers l'élément le plus froid (bilan net). Le flux radiant met en vibration les atomes des différents corps qu'il rencontre ce qui élève leur température. Le mot "radiateur" définit les dispositifs de chauffage qui produisent de la chaleur par rayonnement en réchauffant les surfaces (parois, objets et personnes) et non les volumes comme les convecteurs qui produisent de l'air chaud. Le réchauffement de l'air intervient dans un second temps par micro convection au niveau des surfaces réchauffées. La radiation est la forme de chauffage la plus naturelle et la plus confortable car elle réchauffe directement les corps comme le soleil.



Quelle part de rayonnement ? Tous les émetteurs de chaleur et particulièrement les produits bon marché laissent échapper une part importante de leur énergie par convection naturelle (réchauffement de l'air qui se déplace vers le haut au contact de la surface chaude). Le taux de radiation des meilleurs panneaux radiants haute température dépasse rarement 30%, ce qui laisse une part de 70% à la convection ! Il faut généralement un minimum de 40% de radiation pour contrer le rayonnement des parois froides, et ainsi annuler les sources d'inconfort thermique. Autre point noir de la convection : l'air fortement surchauffé va engendrer un gradient de température entre sol et plafond de plusieurs degrés entraînant une sur-consommation électrique importante.

Les panneaux radiants ne sont donc pas des radiateurs. Les meilleurs radiateurs électriques muraux se trouvent parmi les appareils [basse température](#) qui transfèrent au moins 50% de leur énergie par rayonnement et produisent une convection douce.

Que dit la norme ?

La réglementation thermique 2005 (RT 2005) exige des appareils de chauffe dont la variation spatiale (gradient tête/pied) est au minimum en classe B (maxi 0,2 K), ce qui correspond au panneau radiant standard (convecteur = classe C = 0,4 K). Le Coefficients d'Aptitude (CA) qui caractérise la capacité du thermostat à maintenir une température ambiante stable doit être certifié à 0.9, ce qui permet de réduire la consommation jusqu'à 20% (étude de Pouget Consultant pour Domergie).

Des améliorations nécessaires...

Sans inertie ou régulation de puissance, un émetteur de chaleur chauffe par a-coups, ce qui crée des vagues de chaleur (déperditions temporelles) désagréables et énergivores.

Les performances globales des panneaux radiants (émetteur haute température) restent très inférieures aux résultats obtenus avec les émetteurs chaleur douce dont la variation spatiale est en classe A. Même si le panneau radiant amélioré dit "chaleur douce" marqué NF performance catégorie C devient la référence (en limitant l'usage des convecteurs) pour la mise en conformité avec le RT 2005, on préfère les appareils de chauffage électrique muraux [basse température](#) utilisant l'inertie ou la régulation de puissance associée à des façades en matériaux à forte émissivité dans l'infrarouge.

Les avantages des panneaux radiants

- Facile à installer, léger, peu encombrant
- Peut transmettre jusqu'à 25% de chaleur par rayonnement,
- Procure un confort thermique sensiblement meilleur que le convecteur,
- Sensation de chaleur radiante,
- La consommation électrique est de 10 à 15% plus faible qu'avec un convecteur,
- Peu coûteux. Prix entre 80 et 200 €.

Les inconvénients des panneaux radiants

- L'espace devant le radiateur doit être bien dégagé,
- La sensation de point chaud (trop localisé et trop fort) est vite désagréable et dégrade le confort thermique,
- La haute température des éléments en contact avec l'air crée une convection forte et une stratification importante,
- Dessèche l'air ambiant comme les convecteurs,
- Chauffe par à-coups,
- Plus cher qu'un convecteur,
- Engendre une sur-consommation importante par rapport aux chauffages électriques basse température

Capacité thermique

Radiateur électrique à inertie

Comment fonctionne ce type d'appareil ?

Le principe du radiateur à inertie est simple ; il s'agit d'abord d'accumuler de la chaleur pour ensuite la restituer de manière régulière, sans à-coups, pour garantir un confort optimal. Bien entendu, en phase de restitution le radiateur ne consomme pas d'électricité et va permettre d'intéressantes économies d'énergie. D'où la devise du [radiateur à inertie](#) : confort et économies.

Mais attention, toutes les technologies ne se valent pas. Il faut être attentif à trois points importants :

- le cœur de chauffe (qui va permettre d'accumuler)
- le corps de chauffe (qui va diffuser)
- la régulation.

Le cœur de chauffe, la partie qui accumule la chaleur, est un élément principal voire essentiel. Il est parfois constitué d'un fluide caloporteur qui se trouve à l'intérieur du corps de chauffe ayant souvent l'aspect d'un ancien radiateur de chauffage central.

Cette technologie nous paraît assez rudimentaire, par le faible pouvoir d'accumulation du fluide et par le fait que le radiateur chauffe à l'arrière. De plus une grande partie de la chaleur sort par le haut, comme sur les radiateurs électriques ancienne génération.

Les différents types de coeur de chauffe.

Le cœur de chauffe peut aussi être en aluminium. Dans ce cas il est souvent associé à un corps de radiateur lui aussi en aluminium. Celui-ci ne restera pas chaud très longtemps car l'aluminium est très conducteur, ce qui signifie qu'il ne garde pas la chaleur qui s'évacue très rapidement.

Le cœur de chauffe en fonte d'acier, quant à lui, garde la chaleur plus longtemps. Il faut veiller à ce que la partie arrière du radiateur ne devienne pas trop chaude pour ne pas chauffer inutilement les murs extérieurs. Il faut également s'assurer qu'il n'y a pas de bruits (cliquetis) générés par la résistance blindée prise en sandwich dans le noyau en fonte.

Le cœur de chauffe en matériaux réfractaires (genre céramique, stéatite etc.) représente le haut de gamme. Nos grands-parents, les industriels (hauts-fourneaux), les boulangers et beaucoup d'autres avaient déjà compris tous les avantages qu'on pouvait tirer de ce matériau exceptionnel qui nous a été offert par la nature.

Mais la nature a ses lois et c'est un matériau qu'il faut très bien connaître, qu'il faut savoir travailler dans les règles de l'art pour bénéficier de ses formidables propriétés.

Aterno, avec la Kalith, cœur de chauffe garanti à vie, a poussé son développement très loin. Tout commence par une sélection rigoureuse des meilleures céramiques pour fabriquer les

briques dans lesquelles sont insérées des résistances en chrome-nickel (il n'y a pas mieux) intimement liées à la matière première.

Après une cuisson à plus de 1300°C, puis un contrôle radiographique et électrique des briques, celles-ci sont prêtes à garnir l'intérieur des radiateurs à inertie Aterno. Ceux-ci, en acier spécial de forte épaisseur, contribueront à accumuler la chaleur et la restituer progressivement et pendant longtemps. Le design particulier des radiateurs offre une grande surface d'échange thermique permettant un important rayonnement.

Leur conception procure deux autres avantages : d'abord l'arrière reste « froid » (on ne chauffe pas inutilement le mur extérieur) et la sortie frontale permet de diriger l'air chaud vers le centre de la pièce (là où on a besoin de la chaleur) et non pas vers le plafond.

Voilà pourquoi le radiateur à inertie Aterno est à l'origine du fameux slogan « triple action » : convection, accumulation, rayonnement.

C'est cette triple action qui est à l'origine d'un confort quasi-idéal tout en respectant votre budget. En effet grâce à l'inertie (chaleur accumulée dans les briques) le radiateur va continuer à chauffer même quand l'alimentation électrique est coupée.

La régulation : essentielle pour votre confort et vos économies.

D'autre part, avant de choisir son appareil à inertie, il faut s'intéresser à la régulation qui est absolument primordiale. De trop nombreux appareils de chauffage électrique, même à inertie, ont un thermostat intégré à l'appareil. L'appareil devenant chaud, il va influencer le thermostat et peut rendre la régulation hasardeuse voire inefficace.

C'est pourquoi Aterno a opté sans hésiter pour un thermostat déporté, sans fil, qui ne sera pas influencé par le radiateur, mais par la température de la pièce où vous vivez. C'est le meilleur moyen d'avoir le confort souhaité et le maximum d'économies. En plus de la précision absolue, cette technologie a l'élégance de ne pas vous obliger à vous agenouiller près du radiateur pour régler la température selon vos envies...

Historique

Année	Fait	Auteur	Nationalité
1848	Invention de la lampe au filament de carbone	Joseph Swann	Anglais
1854		Heinrich Goebel	USA
		Alexandre Lodyguine	Russe
1879	Idée de faire le vide dans l'ampoule	Thomas Edison	
~1900	Filament en Osmium	Auer Von Welbach	
~1900	Filament en Tungstène		
1906	Auer Von Welbach crée la lampe OSRAM		
1919	Création d'OSRAM		



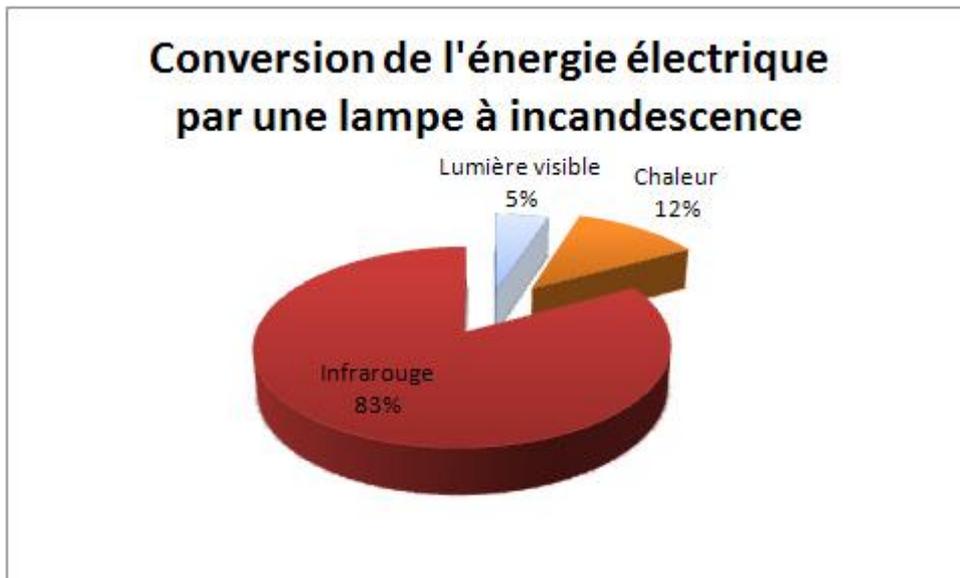
L'idée de Thomas Edison augmente significativement la durée de vie des ampoules à [incandescence](#) d'alors. De quelques heures à 45 heures. L'introduction d'un filament de tungstène prolonge la durée de vie des ampoules : elles atteignent ainsi les 1000h de fonctionnement. De nos jours, les lampes à [incandescence](#) vendues dans le commerce ne sont que des améliorations de celles citées ci-dessus.

Une [lampe](#) à [incandescence](#) classique présente les caractéristiques suivantes :

- Durée de vie limitée à 1 000 heures
- Efficacité lumineuse réduite (typiquement 12 lm/W pour une lampe de 100W)

En outre, les lampes à [incandescence](#) classiques présentent un noircissement au niveau de la paroi interne du fait de l'évaporation du filament de tungstène. Ceci réduit la quantité de flux lumineux dans le temps et réduit de facto l'efficacité lumineuse.

La faiblesse de l'efficacité lumineuse trouve son explication dans le spectre de son rayonnement, très proche de celui d'un [corps noir](#). Lorsque un [corps noir](#) est chauffé à 2800°K (température du filament d'une lampes à [incandescence](#)), il émet une plus grande quantité d'infra rouges qu'à plus haute température (cf la figure ci-dessous de gauche).



Les lampes [halogène](#) sont une amélioration des lampes à incandescence classiques. Elles opèrent à plus haute température (3200°K). Ainsi la portion de spectre comprise dans le domaine du visible est augmentée. Par conséquent une lampes [halogène](#) possède une meilleure efficacité énergétique qu'une lampe à incandescence classique. Contrairement aux idées reçues, l'ampoule classique est loin d'être avantageuse dans le domaine énergétique

Le courant qui traverse le filament réfractaire le fait chauffer par effet joule $P=R \cdot I^2$. Il en résulte de la chaleur mais également de la lumière. Cette dernière est due au filament qui est incandescent. (D'où le nom de lampe à incandescence). Les lampes à incandescence sont raccordables à un rhéostat (variateur d'énergie) qui permet de faire varier l'intensité lumineuse à sa guise.

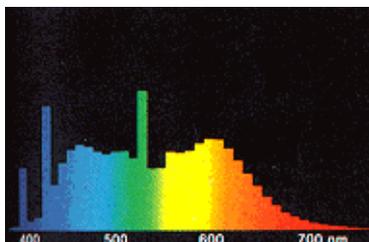
Le filament de tungstène est amené à une température aux alentours de 2500°C (2773 K). Ce dernier est inclus dans une ampoule remplie d'un gaz inerte (argon, krypton...) pour protéger le filament et ainsi augmenter sa durée de vie. Le rendement, exprimé en lm/w, est assez faible car le spectre d'émission "déborde" dans l'infrarouge. Ce dernier est assez proche de celui du soleil, ce qui profère aux lampes à incandescence classique un bon confort visuel.

Spectre lumineux d'une lampe - définition

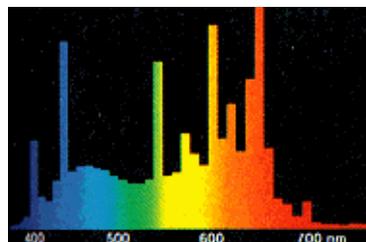
La lumière d'une source est constituée généralement d'une infinité de radiations à longueurs d'onde différentes. C'est de cette distribution de longueurs d'onde que dépendent la température de couleur et l'indice de rendu des couleurs.

Le spectre lumineux d'une lampe donne le flux énergétique rayonné par une lampe en fonction de la longueur d'onde du rayonnement.

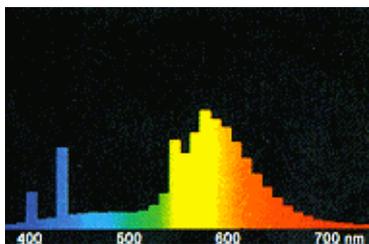
Exemple.



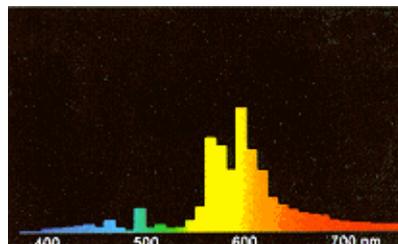
Tube fluorescent rayonnant une lumière très proche de la lumière naturelle (IRC = 98).



Tube fluorescent ayant un bon IRC (IRC = 75) mais pour laquelle les teintes rouges sont accentuées. Ce type de lampe est par exemple recommandée dans les boucheries car elle donne un aspect plus agréable aux marchandises.



Tube fluorescent avec un mauvais IRC (IRC = 50).

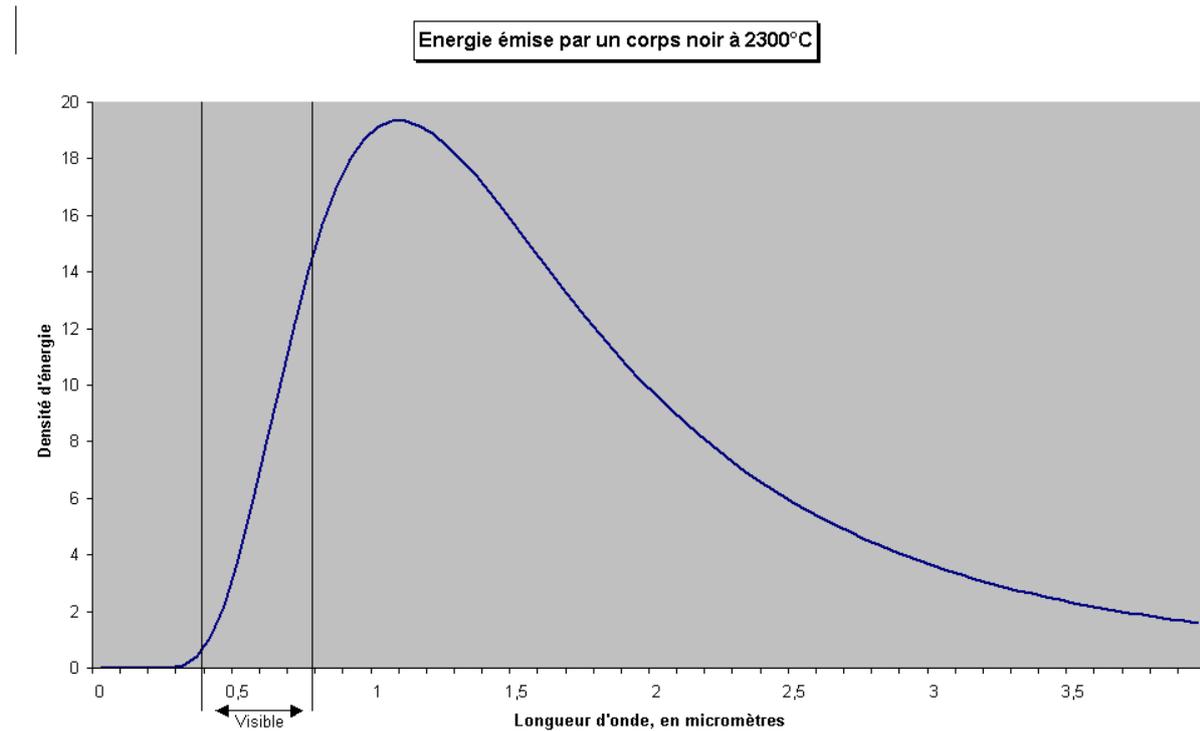


Lampe à vapeur de sodium avec un très mauvais IRC (IRC = 20). Elle est principalement utilisée pour les éclairages routiers.

L'importance des pertes énergétiques (sous forme de rayonnement infrarouge) dans les lampes à incandescence explique leur mauvais rendement. Une lampe à incandescence se comporte comme un corps noir (le filament) dont la température est comprise entre 2200° et 2400° (la lampe halogène a un rendement un peu meilleur car la température du filament est plus élevée).

La densité d'énergie du rayonnement émis obéit à la loi de Planck :

Figure 4. Spectre d'une lampe à incandescence.

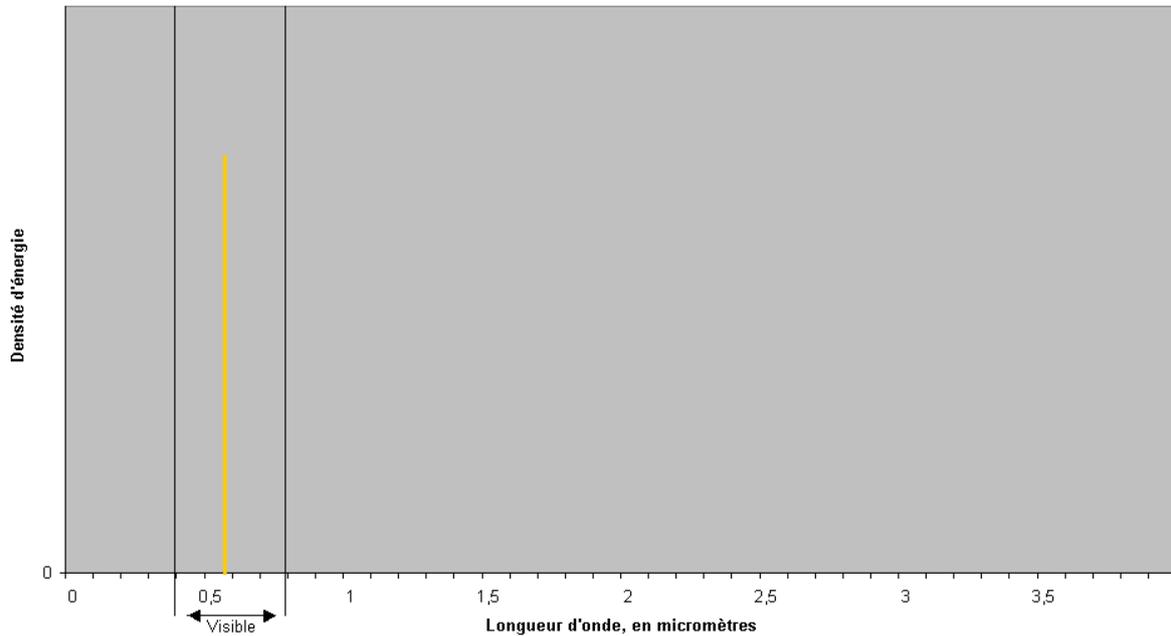


et a un maximum pour $\lambda = h c / (4,965 k T)$, soit, pour une température de 2300°C, $T = 2573$ K, et $\lambda = 1,126 \mu\text{m}$ c'est-à-dire dans l'infrarouge. Ainsi, 90% environ de l'énergie émise l'est dans des gammes de fréquence invisibles à l'oeil humain et chauffe au lieu d'éclairer.

La lampe à sodium basse pression émet essentiellement deux raies, toutes deux dans le visible : il n'y a donc pas de pertes énergétiques par des longueurs d'onde hors du domaine visible.

Figure 5. Spectre d'une lampe à sodium basse pression.

Spektr des radiations émises par une lampe à sodium



De plus, la couleur de la lampe à sodium (jaune) se situe au voisinage du maximum de sensibilité de l'oeil (pour une même énergie reçue, l'impression visuelle ressentie par l'oeil est maximale à 555 nm, c'est-à-dire dans le jaune).

La nature du spectre des lampes à sodium basse pression, totalement situé dans le visible et dans la partie la plus "efficace" du visible, explique donc pourquoi l'efficacité lumineuse des lampes à sodium basse pression est meilleure que celle des autres lampes.

La lampe à sodium basse pression a aussi une durée de vie plus importante (plus de 10000 heures) que celle d'une lampe à incandescence (1000 heures). Bien que plus chères à l'achat, les lampes à sodium, qui éclairent mieux, durent plus longtemps, et consomment moins d'électricité, elles sont donc plus rentables à long terme.

Les lampes à sodium basse pression n'ont pas été utilisées seulement pour les tunnels, elles sont utilisées pour de nombreux éclairages extérieurs (routes, monuments) dès que l'on n'a pas besoin d'avoir un bon rendu des couleurs, car ce sont alors les plus économiques. Enfin, les lampes à sodium basse pression sont utilisées au voisinage des observatoires astronomiques car leur lumière quasi-monochromatique est facile à filtrer.

Dans d'autres contextes, on utilise aussi des lampes à sodium haute pression : elles sont moins économiques mais ont un spectre qui couvre l'essentiel du visible (cf note)- avec toutefois une déficience dans le rouge - et rendent donc mieux les couleurs. Les lampes à sodium haute pression sont ainsi utilisées pour l'éclairage des plantes. Une lampe basse pression ne serait pas un choix judicieux car les plantes n'absorbent pas toutes les longueurs d'ondes aussi efficacement et les lampes à sodium basse pression n'offrent pas l'ensemble des longueurs d'ondes nécessaires pour la croissance des plantes.