

Audit énergétique des entreprises : Le guide de la mesure



Edition Février 2015 par Testoon

Table des matières

Introduction :.....	2
Entreprises concernées et obligation.....	2
E ntreprises concernées	2
O bligation	2
Qui peut réaliser la prestation	3
P restataire externe.....	3
P ersonnel interne	3
La méthode.....	4
N orme EN 16247	4
E chantillonnage	4
R apport.....	4
Les mesures et leurs outils	5
C onsumations électriques.....	6
T hermographie infrarouge	9
T empérature.....	10
R ésistance thermique des parois	12
V itrages.....	13
D istances / surfaces / volumes.....	13
Q ualité de l'énergie électrique.....	15
V itesse et débit d'air.....	16
L uminosité	17
R endement des chaudières.....	17
L ogiciels d'étude en rénovation énergétique	18
E tanchéité à l'air.....	18
M asque solaire	19
A udit centralisé	20
Notre sélection d'appareils de mesure	21
M atériel imposé pour les audits bâtiment.....	22
M atériel complémentaire recommandé.....	23
Et ensuite.....	24



Introduction :

Le 24 Novembre 2014, un Décret et un Arrêté ont complété le dispositif réglementaire (loi Ddadue [n°2013-619 du 16 juillet 2013 - art. 40](#)) qui met en place l'obligation d'audits énergétiques pour près de 5000 entreprises.

Cet audit a pour objectif d'identifier les principaux gisements d'économie d'énergie à exploiter, pour proposer aux entreprises des actions de réduction des consommations pour gagner en compétitivité.

Cette obligation crée une belle opportunité pour les entreprises capables de réaliser ces audits.

Nous vous présenterons dans ce document qui sont les acteurs concernés, la méthodologie à suivre pour réaliser l'audit et enfin un guide sur les mesures et les outils nécessaires à ces audits.

Entreprises concernées et obligation

Entreprises concernées

L'audit est obligatoire pour une entreprise si, pour les deux exercices comptables consécutifs précédant la date d'obligation d'audit :

- soit son effectif excède 250 personnes ;
- soit son chiffre d'affaires annuel excède 50 millions d'euros ou son total de bilan excède 43 millions d'euros.

Sont exemptées les entreprises dont les activités sont couvertes par un système de management de l'énergie conforme à la norme NF EN ISO 50001:2011

Textes : [Décret n° 2013-1121 du 4 décembre 2013](#) et [Décret n° 2014-1393 du 24 novembre 2014](#)

Obligation

Avant le 5 Décembre 2015, ces entreprises doivent avoir réalisé un audit énergétique portant sur 65% de leurs factures d'énergie, sous peine d'une amende pouvant aller jusqu'à 2% du chiffre d'affaire du dernier exercice.

L'audit devra ensuite être renouvelé tous les quatre ans sur 80% du montant des factures.

L'audit n'étant que la première phase, si des actions d'amélioration sont entreprises (non obligatoire), un suivi régulier de leur impact est nécessaire, et des plans de mesurages sont alors mis en place. C'est d'ailleurs une des exigences de la démarche ISO 50 001.



Qui peut réaliser la prestation

L'[arrêté du 24 Novembre 2014](#) fixe les critères pour qu'un prestataire externe ou qu'un personnel interne à l'entreprise puisse réaliser l'audit obligatoire :

Prestataire externe

Signe de qualité

Un prestataire externe est reconnu compétent pour réaliser un audit énergétique s'il est titulaire d'un signe de qualité dans chacun des domaines dans lequel il réalise l'audit énergétique (bâtiments, procédés industriels ou transport). Ces signes de qualités ne peuvent être délivrés que par certains organismes (Art. 8 du [décret n° 2014-1393 du 24 novembre 2014](#)) dont la liste est disponible sur le [site du ministère de l'énergie](#).

Au moment de la rédaction de ce guide, les organismes capables de délivrer un signe de qualité permettant d'être reconnu compétent pour réaliser l'audit énergétique réglementaire sont :

- OPQIBI
- LNE
- AFNOR CERTIFICATION

Compétences

L'arrêté fixe en annexe II les critères de compétences d'un prestataire externe :

- Disposer d'au moins un référent technique par tranche de 20 personnes œuvrant sur l'audit
- La formation initiale ou continue du référent est détaillée en fonction du domaine
- La durée d'expérience du référent est définie en fonction de son niveau d'étude : 3 ans pour un diplôme de niveau I, 4 ans pour un diplôme de niveau II et 7 ans sinon.



Personnel interne

Le personnel d'audit énergétique interne à l'entreprise est reconnu compétent notamment si :

- Il possède les compétences appropriées pour comprendre et être capable d'appliquer les exigences de la méthodologie de l'audit
- un ou plusieurs référents techniques internes ayant un rôle opérationnel dans la production de l'audit sont désignés parmi le personnel d'audit et ont une expérience minimale dans la maîtrise de l'énergie de :
 - 2 ans pour un diplôme de niveau I
 - 3 ans pour un diplôme de niveau II
 - 5 ans sinon

Pour plus de détails, [voir l'arrêté](#)



La méthode

Comme vu plus haut, l'audit doit couvrir au moins 80 % du montant des factures énergétiques acquittées par l'entreprise (65% pour les audits réalisés avant le 5 Décembre 2015).

L'arrêté du 24 Novembre fixe les modalités d'une méthodologie assez formalisée :

Norme EN 16247

L'audit énergétique est réalisé suivant les exigences générales de méthode et de qualité pour leur préparation, réalisation et restitution, définies par la norme NF EN 16247-1:2012. Pour les activités liées aux bâtiments, aux procédés industriels et aux transports, ces exigences sont complétées par les dispositions particulières précisées dans les normes NF EN 16247-2:2014 Bâtiments, NF EN 16247-3:2014 Procédés et NF EN 16247-4:2014 Transport.

Echantillonnage

Une entreprise qui réalise ses activités de façon similaire dans différents bâtiments peut, en justifiant de la pertinence, réaliser l'audit énergétique sur un échantillon de ces bâtiments, si :

- L'auditeur vérifie qu'ils sont similaires ou susceptibles d'être organisés en sous-ensembles similaires
- Dans chaque sous-ensemble, la taille de l'échantillon y est au moins égale à la racine carrée du nombre de sites x : ($y = \sqrt{x}$), arrondi au nombre entier supérieur.
- Au moins 25% de l'échantillon est sélectionné de manière aléatoire

Rapport

Le rapport d'audit, remis à l'entreprise, mais aussi au préfet de la région d'implantation de son siège social, doit comporter notamment :

- Le cadre et l'étendue de l'audit
- Pour l'ensemble des usages énergétiques, la consommation et le type d'énergie utilisée
- La hiérarchisation des opportunités d'amélioration de l'efficacité énergétique, l'évaluation de leur coût, des économies d'énergie annuelles engendrées, de leur temps de retour sur investissement

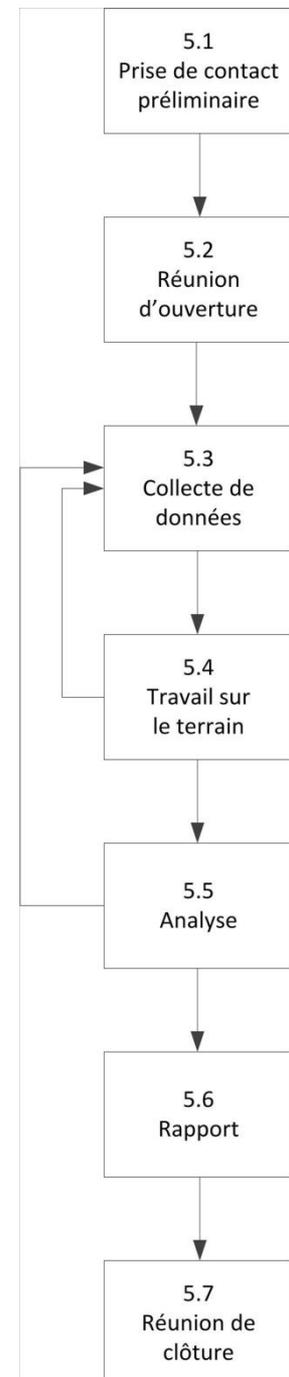


Schéma du processus d'un audit énergétique (Annexe A, NF EN 16247-2)



Les mesures et leurs outils

La variété des activités des entreprises concernées par cette obligation fait que de très nombreux paramètres doivent être étudiés pour couvrir 80% de leurs dépenses énergétiques.

Comme vu plus haut, on peut segmenter les méthodes d'audit en fonction de l'activité audité : bâtiment, procédés industriels et transport.

Dans tous les cas, des campagnes de mesure sont nécessaires pour contrôler l'efficacité des équipements, leurs périodes d'utilisation, ainsi que, pour les bâtiments, l'état réel de l'enveloppe. L'annexe C de la norme NF EN 16247-3:2014 donne un guide pour mettre en place ces plans de mesure.

Ce guide a été conçu par **Testoon** afin de faciliter l'accès à toutes les techniques de mesure utiles pour vérifier et maîtriser l'efficacité énergétique des entreprises. Nous avons identifié une quinzaine de domaines de mesure principaux pour lesquels chacun trouvera une description des techniques utilisées et de leurs applications, des critères de choix ainsi que des exemples de matériels.

Il y en a bien sur de nombreux autres, mais trop spécifiques pour être présentés dans ce guide.

Voici les domaines de mesure présentés :

- La mesure des consommations électriques, pour identifier les postes de surconsommation et comprendre les usages.
- Le contrôle par thermographie infrarouge qui permet mieux que l'œil de « voir » les défauts d'isolation ou le mauvais fonctionnement des équipements.
- La mesure de température, pour la recherche de défaut et l'optimisation des systèmes et procédés.
- La mesure de la résistance thermique des matériaux pour quantifier l'isolation des bâtiments
- La mesure et le contrôle des performances des vitrages.
- Les mesures dimensionnelles, longueurs, hauteurs, surfaces, volume à la base de tous les calculs de pertes pour les bâtiments.
- La mesure de la qualité du courant électrique pour en optimiser son utilisation et sa facturation.
- La mesure des débits d'airs, pour optimiser la qualité d'air et l'efficacité énergétique
- La mesure des paramètres de la luminosité pour évaluer la performance et la nécessité de l'éclairage.
- La mesure du rendement des chaudières.
- Logiciel de calcul des performances actuelles et futures des bâtiments à rénover.
- Le contrôle de l'étanchéité à l'air du bâtiment ou des réseaux de ventilation, pour estimer les pertes dues aux entrées d'air parasites.
- La mesure du masque solaire
- La mesure et le contrôle centralisés des principaux paramètres de l'efficacité d'un bâtiment (consommations, confort ambiant, présence ...).



Certaines de ces mesures peuvent se faire ponctuellement car elles concernent un paramètre fixe dans le temps, mais pour toutes celles qui évoluent au cours du temps ou des activités de l'entreprise, il est nécessaire de mettre en place une campagne d'enregistrement sur une durée représentative et avec une période d'échantillonnage cohérente avec la dynamique du paramètre.

Consommations électriques

Disposer d'outils efficaces pour mesurer la consommation électrique permet par exemple de répartir les consommations par usage, d'identifier et expliquer une hausse ou une baisse de la consommation énergétique, de dessiner des profils de consommation énergétique (hebdomadaires, saisonnières, opérationnelles...), de diagnostiquer les zones de gaspillage énergétique etc.

Il faut tout d'abord définir quelle finesse dans l'analyse est nécessaire, pour savoir où placer les enregistreurs :

- Au compteur général
- Sur les départs de tableaux électriques ou TGBT
- Au niveau des équipements finaux

Ensuite il est important de définir quels paramètres doivent être suivis. Les mesures possibles avec les enregistreurs de consommations électriques sont généralement:

- Tension et courant
- Puissance et Energie active
- Puissance et Energie réactive
- Facteur de puissance ou cosPhi
- Pics de courant

La durée d'enregistrement et la période d'échantillonnage dépendront du système audité. Pour les bâtiments par exemple on enregistre généralement les consommations sur au moins une semaine à un pas de 10 minutes.

Les compteurs sur prise

D'un format de prise mâle/femelle, il faudra s'assurer que :

- La puissance maximum mesurée est cohérente avec ce que peut supporter le compteur
- La restitution des données est conforme à votre besoin : certains ne font qu'afficher la consommation moyenne sur une semaine quand d'autre peuvent restituer des mesures horodatées
- Les données sont sauvegardées même en cas de coupure
- Les paramètres mesurés correspondent à vos besoins



NZR SEM 16+ USB

- Mesure kWh, W, A, V, Wmax, VAR, VA et cosPhi
- Puissance jusqu'à 3600W
- Récupération des données horodatées par USB



Les enregistreurs à pince

Ce sont les plus utilisés car ils permettent à la fois de mesurer des consommations en triphasé ou plusieurs monophasés, ils peuvent être utilisés dans les tableaux électrique et parfois directement au niveau des équipements.

Les critères de choix sont principalement :



ElitePro XC

DENT Instruments

- 4 entrées courant
- alimenté sur le circuit mesuré
- connectivité USB, Ethernet, Bluetooth ou Wifi

- Les paramètres mesurés
- Le nombre d'entrées courant
- La gamme de courant des pinces disponibles (une pince à fort courant nominal risque de mal mesurer les faibles courants)
- Son mode d'alimentation : certains s'alimentent directement sur le circuit mesuré, offrant ainsi une autonomie illimitée
- Sa simplicité d'utilisation (écran, écran tactile, ajustement automatique de l'ordre des phases, etc.)
- Sa compacité, pour pouvoir le laisser partout
- Sa connectivité : une connexion sans fil permet de visualiser ou télécharger les données en dehors de la zone de voisinage électrique



Les compteurs d'impulsions

Souvent la courbe de charge au niveau du compteur général permet d'identifier des talons de consommation (consommations permanentes y.c. hors périodes d'activité), résultants de veilles d'appareils, de systèmes non arrêtés, etc.

Pour relever ces consommations sur des compteurs généraux par encore « smart », il est possible de :

- générer des impulsions à partir de la LED du compteur puis de les enregistrer
- lire les données de la Télé-Information des compteurs EDF



Newsteo LGS36
Enregistreur d'impulsions
Communication sans-fil
IP65

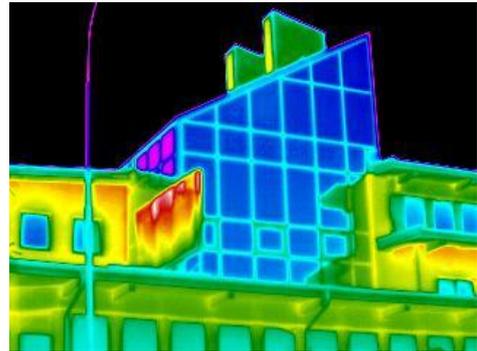


AVIP Impulsions
Lecture Télé-relève EDF
Compteur 5 impulsions
Communication sans-fil

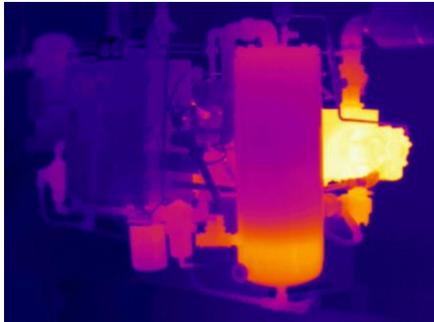


Thermographie infrarouge

La caméra thermique est un outil extraordinaire qui, bien maîtrisé, permet de mesurer la température de surface d'un objet, par exemple d'une paroi, et d'en déduire de nombreuses pathologies ou défauts. Tous les matériaux émettent des ondes infrarouges en fonction de leur température. La caméra thermique reçoit ce flux sur un capteur matriciel qui le convertit en température et crée une image thermique de l'objet visualisé.



Grâce à une caméra thermique, on peut par exemple détecter les défauts d'isolation en voyant les parties plus froides d'un mur. Elle peut aussi être très utile pour la détection de dysfonctionnements des équipements, des échauffements de pièces en rotation (voir également les [analyseurs de vibration](#)) etc.



Les caméras thermiques sont plus accessibles qu'il y a quelques années. Pour les audits énergétiques la gamme s'étend de 2 500€ à 15 000€. Le choix se fait, en fonction de votre expertise et des activités auditées, sur ces quelques critères principaux :

- La taille du capteur Infrarouge (pixels)
- La possibilité de « mixer » les images thermiques et visibles. Plusieurs techniques existent en fonction des fabricants, mais c'est une fonctionnalité indispensable pour pouvoir utiliser les images dans des rapports
- La température maximum mesurable (surtout pour les audits des procédés)
- Sa capacité à détecter de faibles différences de température entre 2 pixels thermiques (le NETD)
- L'angle d'ouverture de l'objectif (parfois interchangeable)
- La méthode de focalisation. La focalisation est indispensable pour avoir une mesure exacte, ainsi qu'une bonne superposition des images thermiques et visibles



Fluke Ti200

- 200x150 pixels
- LaserSharp™ autofocus
- IR-Fusion



Flir T460

- 320x240 pixels
- Autofocus
- Mode MSX



Température

Pourtant perçue par le grand public comme très simple, la mesure de température de l'air, d'un fluide ou de matériaux peut s'avérer complexe lorsque l'on recherche de la précision ou de la rapidité.

Il existe plusieurs technologies de mesure de la température ainsi que des centaines de sondes.

- Il y a d'abord la technologie **infrarouge**. Elle mesure la longueur d'onde dans l'infrarouge émise par la surface visée, éventuellement corrigée par le facteur d'émissivité du matériau considéré. Ainsi sa température peut être déduite. Sans contact, cette mesure est très facile à réaliser, très rapide, mais est limitée aux surfaces et n'est pas très précise. Des thermomètres à image thermique existent désormais et permettent d'afficher les zones froides ou chaudes afin de mesurer la température au bon endroit.
- La technologie **PT100** est basée sur la résistance variable du platine qui évolue en fonction de la température. C'est une technique précise (typiquement +/- 0,3°C).
- La technique du **thermocouple** repose sur l'effet Seebeck. Deux métaux sont joints en deux points distincts, une différence de potentiel est induite par une différence de température. Les thermocouples mesurent des différences de température, une des jonctions est maintenue à température constante et connue. Les différents types de thermocouples (E, J, K, etc.) sont dus aux différents métaux utilisés et ont une plage d'utilisation différente, typiquement ils ont une précision de l'ordre de +/- 1,5°C.

Pour résumer, les sondes infrarouges sont simples, rapides mais peu précises. Les autres, de technologie complexe, sont plus précises. N'hésitez pas à vous renseigner auprès de spécialistes pour plus d'informations dans la mesure où l'offre est grande.

Les sondes en elles-mêmes sont très variées. Outre la technologie, leur forme est déterminée par l'usage. Elles peuvent être à bec de cygne pour atteindre des zones en hauteur, il peut s'agir de sondes sans fil pour mesurer une température extérieure, de sondes surfaciques, de sondes à plonger dans un liquide ou encore à piquer.

Voici quelques exemples de forme et usage de sonde de température :



Sonde Thermocouple



Sonde Aimant



Sonde Velcro



Sonde à piquer



Le boîtier recueillant les données est relié à la sonde, il est muni d'une ou plusieurs voies, d'un écran et de boutons de contrôle. Certains modèles peuvent être enregistreurs si l'on souhaite évaluer l'évolution de la température dans le temps. Enfin, certains modèles sont équipés d'une interface avec un ordinateur.

Les critères importants pour choisir votre système de mesure de température:

- La précision des sondes de température
- La forme de la sonde en fonction de l'application et du milieu à mesurer
- Le temps de réponse des sondes
- La gamme de mesure
- La possibilité d'enregistrer des données pour analyser les variations de température



FLIR TG165

- Thermomètre sans contact à image thermique
- -25 à +380°C
- Enregistre les images



KIMO TM 210

- Thermomètre 6 voies
- sondes thermocouple et PT100
- sondes RF
- fonction datalogger



NEWSTEO LGR46

- Enregistreur sans-fil
- -25 à +100°C
- Spécial ECS ou circuit de chauffage

Il existe une multitude d'appareils, qu'il s'agisse des sondes ou des boîtiers. On notera que la mesure de la température est souvent disponible dans des appareils multifonctions.

Applications

- Mesure des températures des surfaces (paroi, vitrage)
- Mesure météo (température extérieure)
- Suivi de la température intérieure
- Optimisation des températures des fluides de chauffage et climatisation
- Mesure extérieure de tuyauterie
- Rendement des systèmes de chauffage et refroidissement



Résistance thermique des parois

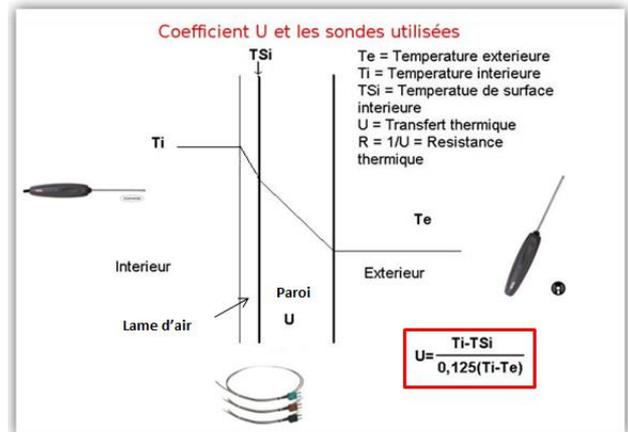
La résistance thermique est la capacité d'un matériau à laisser passer (ou empêcher) plus ou moins rapidement un flux de chaleur. Paramètre fondamental de la thermique, tous les acteurs du bâtiment sont généralement familiers avec ce paramètre ou son dérivé (le Lambda des matériaux). Dans les calculs, on utilise son inverse, la conductivité thermique U.

La mesure de la résistance thermique des parois est souvent la seule méthode pour connaître les performances réelles de l'isolation sur un bâtiment existant.

Pour déterminer la résistance thermique d'une paroi, il existe deux méthodes :

La première, basée sur une formule empirique, nécessite de mesurer simultanément la température extérieure (Te), la température intérieure (Ti) et la température surfacique de la paroi du côté intérieur (TSi).

Certains thermomètres multivoies spécialisés, ainsi que des appareils multifonctions calculent directement ce facteur U.



La seconde méthode se base directement sur la mesure du flux thermique divisée par la différence entre les températures de surface intérieure et extérieure.

Les critères de sélection sont :

- Le temps de réponse des sondes de température
- La précision de chacun des thermomètres et de la sonde de flux thermique le cas échéant

Pour réaliser ce type de mesure sur le terrain, il est important de bien maîtriser les conditions de la mesure (en prenant en compte l'inertie du bâtiment, l'heure de la mesure, les conditions météorologiques, la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur qui doit être la plus grande possible) et de choisir des sondes de grande précision.



KIMO KITCOEFFU

Kit Thermomètre multivoies spécialement conçu pour la mesure du coefficient U. Comprend toutes les sondes et accessoires nécessaires.



LSI LASTEM DPA240

Sonde de flux thermique. Associée à des loggers de température de surface Newsteo, elle permet de mesurer le coefficient U



Vitrages

Composants importants de l'enveloppe des bâtiments, les vitrages doivent être connus de façon sûre pour calculer les pertes thermiques mais aussi les apports solaires. La caractérisation des parois vitrées, c'est d'abord mesurer l'épaisseur des verres et de la ou des lames d'air en double ou triple vitrage. C'est aussi reconnaître l'existence d'un revêtement basse émissivité ou d'un verre renforcé.

Des appareils de mesure laser permettent de mesurer précisément les épaisseurs, mais aussi d'identifier les divers traitements du verre.

Les critères de choix seront :

- La rapidité de mesure
- Le type de vitrage détecté
- La possibilité d'enregistrer les données pour éditer un rapport



Merlin Lazer Gauge

Lecture visuelle de l'épaisseur des vitrages et lames d'air



BOHLE GlassBuddy

Mesure automatique de l'épaisseur des vitrages et lames d'air, détection des traitements de vitrage, enregistrement des données.

Distances / surfaces / volumes

Outil de base de beaucoup de professionnels, l'appareil de mesure de longueur, le bon vieux mètre ruban, est désormais souvent remplacé par un distancemètre à laser, ou lasermètre.



Le fonctionnement est relativement simple. Un rayon modulé en fréquence est projeté sur une cible. La cible renvoie ce rayon vers l'appareil. Le temps mis par le rayon pour revenir est mesuré et la distance séparant l'utilisateur de la cible est calculée. Ensuite le laser mesure distances, surfaces, volumes.

Facile d'emploi, précis, et muni de nombreuses fonctions de calcul, certains laser mesureurs les plus modernes incluent désormais un inclinomètre et des fonctions spécifiques aux professionnels de l'efficacité énergétique. Ceux-ci mesurent grâce à l'inclinomètre hauteur, largeur, pentes de toit ou masque solaire.

La précision de l'appareil est un élément essentiel, c'est pour cela que l'on vous propose des laser mesureurs et non des télémètres à ultrason qui sont plus économiques mais peu précis et peu fiables.

Les critères de décision pour choisir un laser mesureur seront :

- Ses fonctions de calcul (surface, volume, périmètre, etc.)
- La présence ou non d'un inclinomètre qui permettra de calculer des projections à l'horizontal ou à la vertical, des pentes de rampants, etc.
- La possibilité de l'utiliser en extérieur grâce à un appareil photo intégré affichant le point visé.
- La distance de mesure maximum
- Sa connectivité sans-fil permettant de l'utiliser connecté à un PC ou un smartphone



Leica Disto X310

Laser mesureur pour intérieur, inclinomètre, IP65, mesure max 120m.



Leica Disto D810

Laser mesureur pour extérieur, inclinomètre, mesure sur photo, mesure max 200m, bluetooth.



Qualité de l'énergie électrique

Un analyseur de réseau et d'énergie permet de mesurer les paramètres de tension, de courant, de puissance et d'énergie utiles à un diagnostic complet d'une installation électrique. Cela permet d'identifier des causes de surconsommation des équipements, ou de surfacturation.

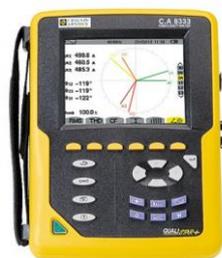
De nombreux paramètres peuvent causer des dysfonctionnements, et donc des pertes d'efficacité énergétique sur les systèmes.

En plus des puissances et énergie active, réactive et apparente, les énérgimètres (appareil mesurant la qualité de l'énergie) permettent de mesurer :

- Harmoniques, THD
- Papillotement
- Déséquilibre
- Bosses et creux de tension
- Transitoire
- Fréquence
- Courant de démarrage
- Facteur de puissance (Cos Phi)

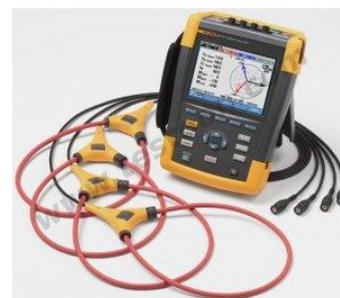
Les critères pour choisir un énérgimètre sont, en plus de sa capacité de mesurer les éléments ci-dessus :

- Le nombre d'entrées courant et tension
- Son autonomie
- La simplicité de configuration et d'utilisation
- Ses fonctions supplémentaires :
 - Calcul du surcoût des déperditions énergétiques dues à une mauvaise qualité du réseau ([voir document Fluke](#))
 - Rendement des onduleurs
 - Calcul du coefficient des transformateurs



Chauvin-Arnoux CA 8333

- 3 entrées courant
- fonction de ratios de tension et de courant



Fluke 435-II

- 4 entrées courant
- Conformité IEC 61000-4-30: Classe A
- Fonction de calcul du surcoût des pertes énergétiques



Vitesse et débit d'air

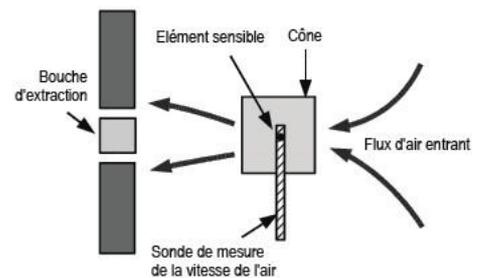
L'anémomètre, appareil qui mesure la vitesse de l'air, se décompose en deux parties. D'une part le boîtier qui interprète les données et affiche les résultats, d'autre part la sonde de vitesse. Il en existe de trois types: l'anémomètre à fil chaud, à coupelle ou à l'hélice ; chacun correspondant à une des applications différentes.

- Le vent fait tourner les coupelles quel que soit sa direction et de ce fait ce modèle est idéal pour la mesure de la vitesse du vent
- L'anémomètre à hélice est particulièrement adapté aux grandes vitesses d'air, sur un flux d'air unidirectionnel.
- Enfin, la technique du fil chaud, qui fonctionne grâce à la variation de la résistance électrique du capteur en fonction de sa température. L'air venant sur le fil vient le refroidir en fonction de sa vitesse. Très facile d'emploi, il permet de se glisser dans une gaine pour mesurer directement un débit. Il démarre à une très faible vitesse d'air, mais nécessite d'être parfaitement aligné dans la direction du flux.

Un anémomètre mesure la vitesse de l'air. Associé à un cône étalonné, il peut directement mesurer un débit d'air.



Cône d'air étalonné pour mesure de débit



Principe de la mesure de débit de VMC

Certaines bouches de ventilation fonctionnent à débit variable (bouches dites « hygro » en général). Dans ce cas on vérifiera que leurs pressions de fonctionnement sont dans la plage donnée par le fabricant en utilisant un manomètre différentiel.

Il est difficile d'obtenir une bonne précision sur les mesures de débit, pour plus d'information, on pourra se référer au **Guide DIAGVENT** du CETIAT, [voir ici](#)



KIMO VTA
Anémomètre fil chaud



KIMO LVA + K25
Kit anémomètre à hélice +
cône de débit



WÖHLER DC 410 FLOW KIT
Manomètre différentiel
avec tube de Pitot et calcul
des débits

Luminosité

La mesure de la luminosité est réalisée avec un luxmètre pour caractériser la puissance lumineuse émise ou reçue.

Dans le cadre des audits énergétiques, une mesure ponctuelle permettra de s'assurer du dimensionnement de l'éclairage, quand un enregistrement sur plusieurs jours permettra de s'assurer qu'il est allumé uniquement quand c'est nécessaire (y.c le réglage des éclairages automatiques).



Exttech HD450

Luxmètre enregistreur



KIMO LIS30

Luxmètre classe B enregistreur, étalonné

Rendement des chaudières

En mesurant notamment les concentrations de CO et d'O₂ dans les fumées, les analyseurs de combustion donnent le rendement d'une chaudière gaz, fuel ou bois.



KIMO KIGAZ 250

Mesure O₂, CO, CO₂, NO, NO_x

Rendement

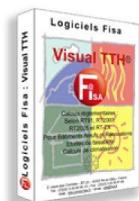
Tirage

Température ambiante et des fumées

Delta de Température sur le réseau d'eau

Logiciels d'étude en rénovation énergétique

C'est un outil indispensable pour réaliser un audit énergétique sur un bâtiment. Il vous permet, à partir des mesures et contrôles réalisés sur le bâtiment, de calculer la totalité et la répartition des déperditions énergétiques de l'existant. Outil de modélisation, il peut également vous permettre de proposer des scénarii d'amélioration (isolation, changement de chaudière, remplacement des menuiseries, etc.) et d'estimer les gains ainsi réalisés. Avec un module de simulation thermique dynamique, il est possible de simuler l'évolution temporelle des paramètres thermiques pour chaque zone du bâtiment.



FISA Visual TTH

Logiciel modulaire
Calculs réglementaires
Simulation Thermique Dynamique (moteur EnergyPlus)

Étanchéité à l'air

Un bâtiment efficace est un bâtiment étanche aux entrées et sorties d'air parasites. En effet une quantité importante de calories peut s'échapper par des fuites d'air non volontaire. Elles génèrent également des perturbations dans les flux d'air volontaires générés par la ventilation.

On peut également partir à la chasse des fuites dans les réseaux de ventilation, qui génèrent une surconsommation du ventilateur ainsi qu'un mauvais équilibrage de l'ensemble.

Pour quantifier ces fuites, la méthode est de mettre l'enveloppe du bâtiment ou le réseau de ventilation sous pression grâce à un ventilateur à débit variable étalonné et de mesurer le débit d'air nécessaire pour maintenir cette pression.

Les méthodes de mesure sont normalisées : NF EN 13829 pour l'enveloppe des bâtiments et NF EN 12237, NF EN 1507 et FD 51-767 pour les réseaux aérauliques.



BlowerDoor Minneapolis Standard

Mesure l'étanchéité de l'enveloppe
19 à 7250 m³/h



Lindab LT600 TFD

Mesure l'étanchéité des réseaux aérauliques
0 à 55 L/s



En plus de la quantifier les fuites, ces méthodes permettent également de les localiser, à l'aide de fumigène ou de caméras thermiques, pour pouvoir y remédier.

Cette mesure, désormais obligatoire à la réception des chantiers RT2012, fait l'objet d'une boutique spécifique chez Testoon, où vous pourrez trouver d'autres marques, modèles gros volumes et accessoires ainsi qu'un guide de choix spécifique à l'infiltrométrie sur :



La boutique Infiltr
www.testoon.com/infiltr

Masque solaire

Elément important pour le calcul des apports solaires, le masque solaire peut être calculé :

- en mesurant hauteur et distance (ou inclinaison) de chaque masque, à l'aide d'un lasermètre avec inclinomètre
- à l'aide d'un analyseur complet qui capture une image de tout l'horizon, et grâce au GPS et à la boussole intégrée, calcul automatiquement les masques solaires tout au long de l'année



Leica Disto D510

Lasermètre inclinomètre d'extérieur



Solmetric Suneye 210 GPS

Analyseur portatif d'ensoleillement & ombres, boussole, inclinomètre, GPS intégré



Audit centralisé

Le nombre de paramètres suivis au cours d'une campagne de mesure de quelques jours ou quelques semaines peut être assez conséquent si l'on souhaite contrôler un maximum d'informations (consommations, températures, ventilation, ouvertures de fenêtre, calories, etc.). Le relevé et l'analyse des données peuvent alors être assez fastidieux si chaque enregistreur a un format et un fichier de donnée propre.

Un système concentrant toutes ces données en temps réel pour les enregistrer sous un seul permet donc de gagner beaucoup de temps.

Ces systèmes permettent aussi en général d'accéder à distance et en direct à l'ensemble de ces données pour contrôler que l'audit se déroule bien, ou commencer les premières analyses.



AVIP Audit Tertiaire

ce pack est initialement composé de :

- trois pinces de courant
- une interface sans fil/impulsions pour récupérer les consommations des compteurs (Elec, eau, gaz, etc.) existants.
- un capteur de température, hygrométrie et CO2.
- deux capteurs intérieurs de température et hygrométrie.
- un capteur extérieur de température et hygrométrie.

Tous ces capteurs communiquent sans fil vers le système d'acquisition.



Notre sélection d'appareils de mesure

Dans le cadre de l'audit obligatoire, pour les bâtiments, **certaines outils sont obligatoires** (cf Annexe II de l'[arrêté du 24 Novembre 2014](#)) :

- Luxmètre
- Wattmètre
- Ampèremètre
- Voltmètre
- pince ampèremétrique
- équipement de mesure des températures et débits de ventilation
- analyseur de combustion
- caméra thermique
- logiciel de simulation thermique dynamique.

D'autres seront également indispensables dans tous les cas, comme par exemple les enregistreurs de consommations électriques pour quantifier les répartitions de consommations.

Et en fonction des activités auditées, d'autres appareils seront aussi utiles.

Nous présentons dans les deux tableaux suivants notre sélection d'appareil pour chaque usage, en fonction de vos besoins de performance de l'outil :

- basique
- complet
- expert

Nous y avons également inclus les gammes de prix de chaque appareil, pour vous aider à construire votre budget :

- A : Moins de 200€
- B : 200 à 500 €
- C : 500 à 1000€
- D : 1000 à 2000€
- E : 2000 à 5000 €
- F : 5000 à 10 000€
- G : Plus de 10 000€

Vous retrouverez également cette sélection sur notre [boutique spéciale Audit Energétique](#)

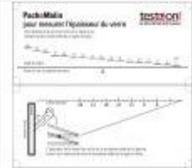


Matériel imposé pour les audits bâtiment

Catégorie	Basique		Complet		Expert	
	ref	prix	ref	prix	ref	prix
Luxmètre	 Amprobe LM-120	A	 Extech SDL400	B	 Kimo LIS 30	C
wattmètre	 HT Italia HT4022	B	 Chauvin Arnoux F05	B	 Fluke 435	D
ampèremètre						
voltmètre						
pince ampère métrique						
températures & débits de ventilation	 KIMO LVA + K25	C	 Wohler FA430 Flow Kit	C	 KIMO DBM610	E
analyseur de combustion	 KIMO Kigaz 150	C	 KIMO Kigaz 250	D	Nous consulter	E
caméra thermique	 FLIR E6	E	 Fluke Ti200	F	 FLIR T460	G
logiciel STD	 FISA Visual TTH D					D
Budget total	Environ 5 000€		Environ 10 000€		Environ 20 000€	



Matériel complémentaire recommandé

Catégorie	Basique		Complet		Expert	
	ref	prix	ref	prix	ref	prix
Télémètre	 Leica Disto X310	A	 Leica Disto D510	B	 Disto D810	C
Epaisseur des vitrages	 Pachomalin	A	 Merlin Lazer Gauge	B	 GlassBuddy Basic	D
Enregistreur de consommation sur prise	 NZR SEM16+	A	 NZR SEM16+USB	A	 Alciom PowerSpy 2	B
Enregistreur de consommation électrique, sous-comptage	 Logger Courant	B	 Dent Instruments ElitePro XC	C	 Fluke 1730	E
Enregistreur de température	 Extech TH10	A	 Newsteo Log21	A	 ATIM ACW-TMi	B
Compteur d'impulsions	 KIMO KT60ERF	B	 Newsteo LGS36	B	 ATIM ACW-Di	B
Mesure du Coefficient U	 KIMO KITCOEFFU C				 Kit DPA 240 + loggers température D	
Analyseur de qualité de l'énergie	 Chauvin Arnoux CA8333	E	 Fluke 435-II	F	 Fluke 437-II	F



Et ensuite

Si l'audit est suivi d'opérations de réduction des consommations, il faudra alors mettre en place des outils de mesure de leurs impacts.

C'est aussi le cas pour les entreprises ayant un système de management de l'énergie comme l'ISO 50 001, qui doivent mettre en place des plans de comptage.

Ces plans de comptage peuvent être des audits ou vérifications régulières des certains systèmes ou activités, mais également la mise en place d'outils de monitoring des consommations énergétiques.

Cela peut-être fait à l'échelle du site, en connectant par exemple des sous-compteurs électriques à un système de supervision déjà présent, pour suivre les consommations des certains postes :



DENT Instruments PowerScout 24

- Sous-compteur / Energimètre
- 24 entrées pinces de courants
- Communication Modbus, Bacnet ou Ethernet

Dans le cadre d'entreprises multi-sites, il est également possible de mettre en place des systèmes de télé relève d'un ou plusieurs paramètres par site, afin d'avoir un seul poste de supervision à distance.

Si de nombreux paramètres doivent être suivis sur chaque site, on pourra utiliser des systèmes utilisant un concentrateur qui communique vers l'extérieur, s'il y a peu de paramètres suivi par site, l'utilisation de capteurs connectés de façon autonomes à internet est souvent plus économique à l'installation et à l'utilisation.



AVIP

Système sur mesure de suivi des bâtiments: consommations, T°, HR, CO2, ouvertures, etc.



Gamme ACW

Gamme de capteurs connectés au cloud

