



LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE : UN OUTIL POUR OPTIMISER LES PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES DES BÂTIMENTS

Le contexte, les enjeux et les objectifs

Les exigences de performance énergétique de plus en plus élevées mettent en avant des paramètres, des facteurs d'influence, qui deviennent désormais significatifs et qui peuvent conduire à la modification de choix/options techniques lors de la conception d'un bâtiment.

Afin d'évaluer au mieux le futur comportement du bâtiment en fonction des conditions climatiques, des conditions d'utilisation du bâtiment et valider les choix/options techniques, il est nécessaire de le simuler au préalable avec les logiciels adaptés : c'est le rôle de la Simulation Thermique Dynamique (STD). Il semble aujourd'hui difficile de réaliser un bâtiment efficient sans qu'une série de simulations informatiques ait été pratiquée pour sa conception.

Il ne faut pas confondre les objectifs et la méthode de la simulation thermique dynamique et le calcul thermique réglementaire RT2005 ou 2012 (obligatoire).

Le calcul RT 2005 ou 2012 est un outil réglementaire destiné à vérifier que les consommations énergétiques conventionnelles d'un bâtiment sont inférieures aux consommations maximales autorisées.

S'agissant d'un calcul statique, il ne permet d'analyser ni les variations de besoins énergétiques ni les variations de confort dans le temps (de l'heure à l'année). En outre, le mode de saisie du bâtiment ne permet pas d'évaluer l'interaction des différents locaux entre eux.

La Simulation Thermique Dynamique (STD) est un outil complémentaire au calcul thermique réglementaire. La STD s'utilise en amont des études de conception, dès les premières ébauches de la phase d'esquisse.

Il s'agit d'un outil informatique **d'aide à la conception** des bâtiments visant à :

- Optimiser les besoins en chauffage et de dimensionnement des équipements.
- Optimiser les conditions de confort hygrothermique pour les usagers.
- Définir les caractéristiques d'un bâti-

ment et ces équipements afin d'optimiser son fonctionnement futur.

- Prendre en considération de nombreux paramètres liés à l'usage du bâtiment et traiter les phénomènes physiques complexes qui en découlent.

Cet outil est principalement destiné aux bureaux d'études thermiques, il leur permet d'apporter aux concepteurs les éléments d'évaluation des choix techniques et architecturaux, afin d'élaborer ensemble le projet le plus abouti.

Principe et caractéristiques

Contrairement au calcul thermique réglementaire, lors de la réalisation d'une simulation thermique dynamique, les scénarii liés à l'usage du bâtiment, tels que les périodes d'occupation, les consignes de températures ou les apports internes ne sont pas imposés par la méthode. Elles peuvent être définies par le concepteur sur la base de données spécifiques au projet, plus représentatives des futures conditions d'utilisation du bâtiment.

La bonne prise en compte de ces paramètres permet de rapprocher au plus près les consommations prévisionnelles des consommations réelles.

Ces simulations permettent, par conséquent, de comparer différentes solutions techniques, afin d'aboutir à une conception optimale. L'objectif étant de se rapprocher au plus près du comportement réel du bâtiment, et réaliser, entre autre, une optimisation du bâti.

Autre avantage de la STD, elle permet de travailler "zone par zone" notamment d'étudier spécifiquement les zones les plus contraintes. En effet, il est possible d'établir des zones d'études pouvant correspondre à chaque pièce ou groupes de pièces du bâtiment. Ces zones permettent d'étudier de façon précise, heure par heure, leurs comportements thermiques, et ainsi apporter des améliorations fines en cas de nécessité sur les dimensions des menuiseries, protections solaires, systèmes de ventilation ou gestion de l'éclairage.

Phases du projet	Rôle de la STD
ESQUISSE	<ul style="list-style-type: none">• Comparaisons de différentes configurations architecturales.• Evaluation de l'impact de la conception Bioclimatique.• Evaluation des apports solaires.• Etude de l'impact des matériaux de construction sur le comportement du bâtiment (inertie, déphasage, conditions de confort).
APS	<ul style="list-style-type: none">• Influence des zones entre elles d'usages différents.• Définition des débits de ventilation-freecooling.• Evaluation des conditions de confort hygrothermique par zone¹.
APD-PRO	<ul style="list-style-type: none">• Optimisation des apports internes.• Evaluation de l'impact de l'éclairage artificiel, en termes d'apports internes, suivant le type de système retenu.• Evaluation des conditions de confort hygrothermique par local.• Définition des paramètres du pilotage des systèmes de ventilation via la GTC-GTB, sur la base des résultats issus de la STD.
REALISATION	<ul style="list-style-type: none">• Mise à jour de l'étude en intégrant les dérives potentielles entre la phase conception et le chantier.• Evaluation des besoins de compensation (mesures à prendre pour obtenir les performances initiales malgré les dérives du projet).• Comparaison des conditions de confort et des besoins en chauffage du bâtiment avec les relevés réalisés in situ.

¹Pièce ou groupe de pièces

La simulation du bâtiment est basée sur de nombreux paramètres propres, ou extérieurs au bâtiment concerné. Ces paramètres se divisent en deux groupes de données.

Données d'entrées (Hypothèses)

Paramètres propres au bâtiment :

- Caractéristiques du bâti : orientation, enveloppe du bâtiment, composition des parois, surfaces vitrées et performances, dispositions spécifiques tels que murs trombes (accumulateurs), serres, loggias, façades double peau.
- Présence de systèmes d'occultations (casquettes, stores, brises soleils, etc).
- Horaires d'occupation des locaux.
- Consignes de chauffage et refroidissement.
- Paramètres d'extraction/ventilation, système de gestion des débits, récupération d'énergie sur air extrait, implantation de puits canadien.

- Puissance dissipée par l'éclairage et les appareils électriques.

Paramètres extérieurs :

- Masques solaires proches ou lointains.
- Conditions météorologiques locales.

Chaque logiciel de simulation thermique dynamique dispose d'un module de modélisation informatique des bâtiments afin de simplifier la saisie de l'enveloppe, et d'aboutir à une meilleure visualisation du projet. A ce jour, les logiciels de calcul RT2005 ou 2012 ne proposent pas cette fonction de visualisation et vérification du projet.

Données de sorties (Résultats)

Les résultats de la simulation peuvent être numériques (tableau de valeurs) ou graphiques :

- Puissances de chauffage/climatisation (kW).
- Besoins de chauffage par zone (kWh).
- Ratio des besoins de chauffage au m² (kWh/m²).
- Températures minimales / moyennes / maximales (°C) pour chaque zone.

Ces résultats peuvent être beaucoup plus précis à travers :

- Fluctuations horaires des températures de chaque pièce.
- Niveaux d'inconfort pour les usagers.
- Apports solaires par zone (kWh).
- Influence des masques sur l'apport solaire (kWh/m² de vitrage/mois).



Résultats issus de la STD

L'exploitation des résultats issus de la simulation dynamique permet :

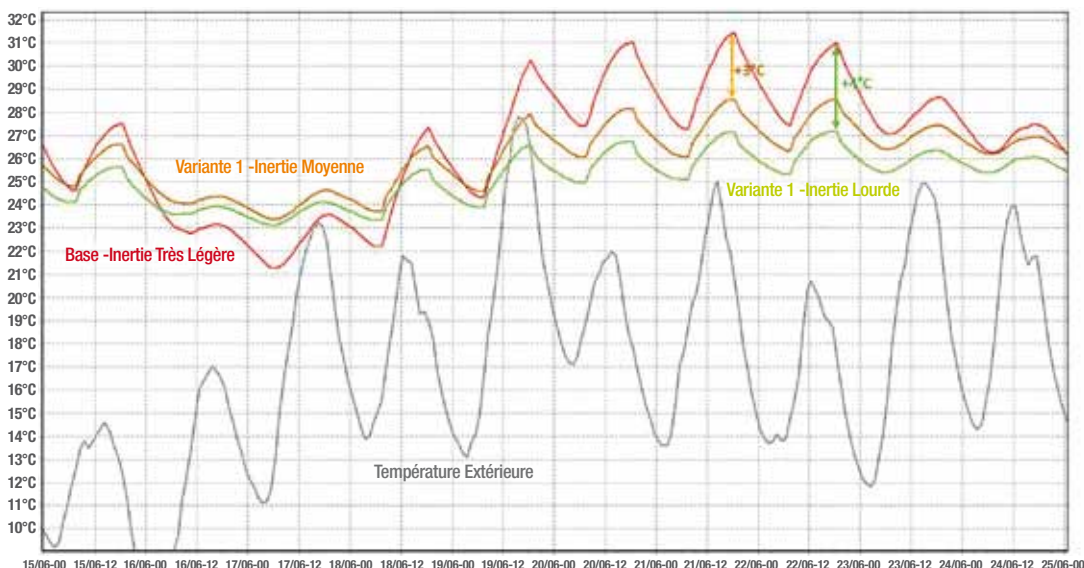
- D'optimiser les besoins de chauffage du projet.
- D'analyser le bâtiment par zone homogène en fonction des usages, orientations, des systèmes de ventilation.
- D'évaluer l'impact de la conception du projet (orientations, inertie, masques, protections solaires).
- D'évaluer les conditions de confort hygrothermique dans les locaux suivant les conditions d'usages.

Etude de cas particuliers

CONCEPTION DU BÂTIMENT : VARIANTES DE COMPOSITIONS DU BÂTI

Analyse du comportement thermique (inertie) d'un même bâtiment suivant différentes compositions de parois intérieures et extérieures. Cette analyse peut être réalisée dans sa globalité, mais également pièce par pièce, afin d'appréhender les besoins énergétiques et étudier le confort d'été de façon précise. Ce comportement est directement lié aux conditions climatiques du site d'implantation, ainsi qu'aux conditions d'utilisations.

Compositions	Base	Variante 1	Variante 2
Murs extérieurs	Ossature Bois	Ossature Bois	Voile béton + isolation extérieure
Plancher Intermédiaire	Léger bois	Lourd Béton	Lourd Béton
Cloisons intérieures	Légère (Plaques de plâtre)	Lourde (Terre crue)	Lourde (Terre crue)
Classe d'inertie	Très légère	Moyenne	Lourde



La définition de l'optimum entre les deux objectifs principaux que sont d'une part de limiter les besoins de chauffage et d'autre part de réduire les risques de surchauffes en été nécessite l'évaluation et la prise en compte de l'inertie. Dans l'exemple ci-dessous, la STD permet de constater qu'avec une inertie importante, les températures intérieures sont nivelées, et les pics de températures réduits de près de 4°C entre le projet de "base" et la variante "lourde" (graphique ci-dessus).

EVALUATION DES BESOINS ÉNERGÉTIQUES D'UN BÂTIMENT : COMPARAISON DES DIFFÉRENTES CONFIGURATIONS PRÉCÉDENTES

Configurations	Base - Inertie Très Légère	Variante 1 - Inertie Moyenne	Variante 2 - Inertie Lourde
Besoins de chauffage annuels	7442 kWh/an (+7.8%)	6864 kWh/an (référence)	8334 kWh/an (+17.6%)

L'évaluation des besoins de chauffage fait apparaître de fortes disparités entre les différentes configurations. La solution minimisant les surchauffes d'été n'est pas la solution qui minimise les consommations. La simulation dynamique permet de quantifier les performances des solutions, de comparer les différentes solutions architecturales et techniques afin d'aboutir au résultat le plus judicieux.

CRÉATION DE ZONES POUR UNE ÉTUDE DÉTAILLÉE PAR PIÈCE.

Exemples de salles de classe d'un lycée, dont les usages et l'orientation diffèrent.

Zones d'études	Besoins de chauffage annuels		Températures maximales
Salle banalisée BTS Orientation Sud	1567 kWh/an	29 kWh/m2.an	28.3°C
Salle banalisée BTS 2 Orientation Nord	2206 kWh/an	40 kWh/m2.an	26.5°C
Salle Multimédia	1798 kWh/an	26 kWh/m2.an	28.0°C
Salle de sciences appliquées	2348 kWh/an	27 kWh/m2.an	27.6°C

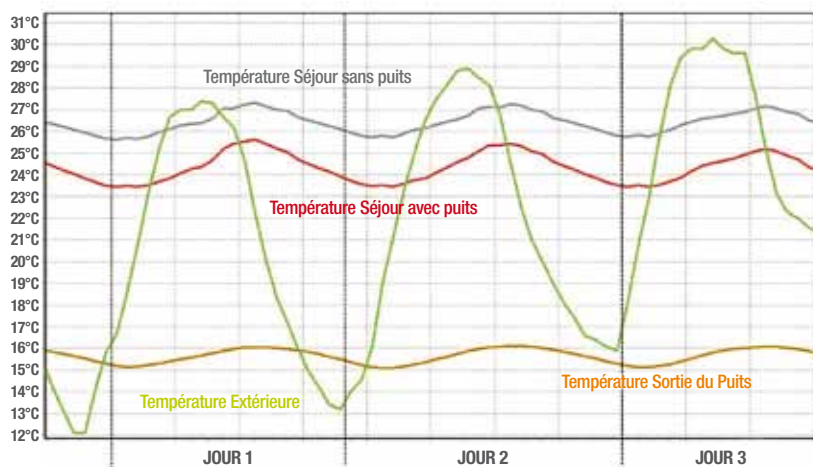
L'étude zone par zone permet de traiter de façon précise les différentes pièces, notamment en terme de confort d'été. Il est possible, pour deux salles "identiques" (Salle BTS), de quantifier en terme de confort et de consommations, le rôle majeur que joue l'orientation sur les besoins de chauffage, mais également sur les températures ambiantes.

SYSTÈME DE RAFFRAICHISSEMENT PASSIF : MODÉLISATION D'UN Puits CANADIEN

Analyse de la pertinence et de l'efficacité de mise en œuvre d'un puits canadien/provençal durant la saison estivale.

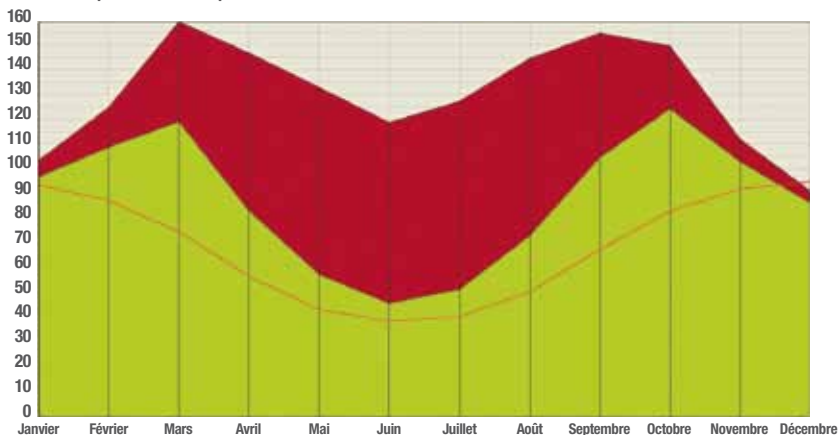
Dans le cadre de l'étude, le gain sur les conditions de confort des usagers est significatif, grâce à une réduction de 3°C de la température ambiante du séjour. La température de sortie du puits canadien située à +16°C est relativement constante face aux pics de température extérieure de +30°C.

Evaluation de l'efficacité d'un puits canadien sur 3 jours du 12/07 au 14/07



Visualisation de l'effet du masque

■ Sans masque ■ Avec masque — % de transmission



Dimensionnement d'une casquette de protection solaire et visualisation de son influence sur les apports solaires

CONCEPTION BIOCLIMATIQUE : DIMENSIONNEMENT D'UNE CASQUETTE DE TOITURE

Évaluation de la performance de la protection solaire durant la période estivale, tout en conservant des apports solaires suffisants lors de la période de chauffage.

Les apports solaires sont divisés par 2.5 durant les mois de Mai, Juin, Juillet et Août, permettant de se prémunir des risques de surchauffes.

Logiciels existants

Une large gamme de logiciels est actuellement disponible sur le marché. Chacun présente des interfaces de saisies plus ou moins complexes, ainsi qu'une adjonction de différents modules d'études complémentaires tels que : évaluation de l'apport d'éclairage naturel, dimensionnement des systèmes climatiques, analyse des mouvements d'air et répartition des températures dans la pièce...



Pléiades + Comfie d'IZUBA énergie

Logiciel développé par Izuba énergies en collaboration avec l'école des Mines de Paris.

Logiciel intuitif simple d'utilisation, mais limité pour la modélisation de projet complexe. Evaluation des besoins de chaleur et des conditions de confort. Non prise en considération des paramètres hygrométriques. Possibilité d'y adjoindre un module complémentaire RT2012.

www.izuba.fr



TRNSYS distribué par le CSTB et élaboré par le SEL

Véritable modélisateur de projet, il permet aussi bien d'évaluer le comportement du bâtiment, tout en y intégrant de nombreux équipements énergétiques. Il s'agit actuellement du logiciel le plus abouti et le plus développé du marché. Sa prise en main est complexe et nécessite une bonne maîtrise du langage informatique.

www.trnsys.com

Autodesk ECOTECT Analysis d'AUTODESK

Ecotect est un outil qui évalue le comportement du bâtiment, le niveau de confort, ainsi que les besoins et consommations de chaleur. Un module complémentaire permet de simuler l'apport d'éclairage naturel par local. Modélisation d'une unique zone possible. Sa prise en main est rapide, et les sorties de résultats sont visuels. Outil destiné plutôt à la conception du bâti qu'à la prise en considération des systèmes énergétiques.

www.squil.com



IESVE d'IES

ies est un progiciel destiné à la modélisation dynamique des bâtiments et composé de modules dédiés à la simulation d'éclairage naturel, études aérauliques et dimensionnement des systèmes HCVC.

www.iesve.com



CoDyBa INSA - Lyon (Jean Noël)

Logiciel de simulation simplifié ne disposant pas d'interface de modélisation du bâtiment.

Destiné à des modélisations simples pour des projets de petite dimension.

www.jnlog.com/codyba1.htm



DesignBuilder Design Builder de BATISIM

Logiciel de simulation dynamique composé de modules complémentaires permettant également d'assurer le dimensionnement des équipements énergétiques, simuler l'apport d'éclairage naturel ainsi que les études aérauliques internes et externes.

Possibilité d'y adjoindre un module complémentaire RT2012.

www.batisim.net

esp-r ESP-r d'ESRU

ESP-r est un progiciel de simulation dynamique gratuit sur lequel viennent se greffer des modules complémentaires d'étude d'éclairage naturel, d'acoustique et de simulation aéraulique. Peu intuitif, ce logiciel reste complexe à exploiter.

www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm



TAS d'EDSL

Logiciel de simulation dynamique permettant d'évaluer les besoins de chaleur et le comportement du projet. Non adapté au dimensionnement des équipements énergétiques. Un module complémentaire de simulation aéraulique.

www.edsl.net

Lexique

Etude Statique :

méthodologie de calcul établie dans le but d'obtenir une vision globale du bâtiment en termes de performance énergétique. Le projet n'étant pas scindé en zones distinctes, leurs interactions thermiques entre elles sont impossibles. La notion de variations temporelles n'est pas prise en compte.

Etude Dynamique :

méthodologie de calcul dont l'objectif est d'intégrer au pas de temps horaire, des paramètres de météo, d'occupation des locaux, de consommation instantanée dans le but de visualiser un comportement d'une zone ou d'un bâtiment à l'échelle d'une heure, d'une journée ou d'une année.

Consommations conventionnelles :

consommations énergétiques issues du calcul thermique réglementaire, établi sur la base de scénarios de référence fixés dans la réglementation thermique.

Consommations prévisionnelles :

consommations énergétiques issues de la simulation dynamique sur la base de scénarios spécifiques au projet, et définis par le maître d'ouvrage, les utilisateurs, le bureau d'études thermiques.

Progiciel :

ensemble complet de programmes réalisés pour une application déterminée. Dimensionnement d'une casquette de protection solaire et visualisation de son influence sur les apports solaires



L'ADEME EN BREF...

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit. L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. www.ademe.fr



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

DIRECTION RÉGIONALE
HAUTE-NORMANDIE



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

ADEME
Les Galées du Roi, 30, rue Gadeau de Kerville
76100 Rouen
Tél : 02 35 62 24 42
ademe.haute-normandie@ademe.fr

www.ademe.fr