Université Abou Bakr Belkaïd, Tlemcen

HABILITATION À DIRIGER DES RECHERCHES

Présenté par : S.M.A BEKKOUCHE

Unité de Recherche Appliquée en Énergies Renouvelables URAER Ghardaïa.

Division : Application des Énergies Renouvelables dans les Milieux Arides et Semi Arides

Équipe de Recherche : Architecture Solaire et Bioclimatique

REMERCIEMENTS

- Ce document est l'aboutissement de plusieurs années de travail, mais il n'aurait pas vu le jour sans les remarques constructives et encourageantes de deux rapporteurs, Mr DALI Youcef et plus particulièrement le Professeur BENOUAZ Tayeb.

- Je voudrais également remercier les membres du jury qui m'ont fait l'honneur de participer à ce jury.

- J'adresse également un remerciement tout particulier à tous mes collègues de l'URAER et du Laboratoire de Physique Électronique et Modélisation de l'université de Tlemcen

- C'est durant ces années qu'est né mon goût pour la recherche et que j'ai appris le métier de chercheur.

1. CURSUS " Formation et Diplôme "

- **Baccalauréat, Juin 1996, Série : " Sciences Exactes ".**

- **D.E.S en Physique Électronique, Juin 2001.**

  Directeur de projet : Mr. Y. Dali

  Intitulé du projet : Conception et Réalisation d'un Thermomètre Électronique.

- **Magister en Physique Électronique et Modélisation, Juin 2004.**

  Intitulé du Mémoire : Contribution à l'Eude de la Stabilité des Systèmes Ratio dépendants par la Dérivée Optimale.

  Encadreur : Pr. T. Benouaz

- **Doctorat en Physique Électronique et Modélisation, Juin 2009.**

  Thème : Modélisation du Comportement Thermique de Quelques Dispositifs Solaires.

  Directeur de Thèse : Pr. T. Benouaz

1. CURSUS *" Position "*

- ▪Attaché de Recherche à l' URAER Ghardaïa depuis 15 Mai 2005.
- Chef d'Équipe de Recherche " Architecture Solaire et Bioclimatique " à l'URAER Ghardaïa.
- ▪Maître de Recherche B à l'URAER Ghardaïa depuis 23 Juin 2009.
- ▪Chef de Division " Application des Énergies Renouvelables dans les Milieux Arides et Semi Arides " à l' URAER Ghardaïa depuis 01 Janvier 2011.
- ▪Membre au Laboratoire d'Automatique de Tlemcen, Équipe: Approximation et Stabilité des Systèmes non Linéaires.

2. ACTIVITES DE RECHERCHE

2.1. Encadrement de la Recherche

1. **Encadrement d'un projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Génie Mécanique option " Énergétique ".**

   Cet encadrement est effectué sous la responsabilité du Dr. R. Saim de l'université de Tlemcen.

   1.Intitulé du mémoire :

   2.Performance Thermique d'un Capteur Solaire Tubulaire Sous Vide à Effet Thermos, Effet du Réflecteur et de l'Espace Intertubulaire.

2. **Accueil et formation de stagiaires et universitaires.**

2. ACTIVITES DE RECHERCHE

2.2. Animation et Évaluation de la Recherche

1. **Membre du comité scientifique et d'organisation du 1er et du 2eme Séminaire International sur les Énergies Nouvelles et Renouvelables SIENR2010 et SIENR2012 respectivement.**

2. **Membre du comité scientifique lors des 2eme Journées International sur les Énergies Renouvelables et le Développement Durable 2JIER2, Laghouat, les 07 et 08 Mai 2012.**

3. **Participation à des soutenances de Magister en tant qu'invité**

4. **Membre du Groupe d'Experts Thermique et Éolien destiné à l'évaluation des bilans et programmes de recherche au Centre de Développement des Énergies Renouvelables CDER.**

5. **Expertise de cinq PNR et contre expertise de deux autres.**

2. ACTIVITES DE RECHERCHE

2.3. Contrat et Projets de Recherche

1. **Contrat d'Expertise & d'Évaluation des Activités de Recherche liées aux Programmes Nationaux de Recherche (PNR)**
2. **Membre dans un Projet National de Recherche PNR N° 10/E164/4871 en productique sur le thème :**

   Optimisation de la Conception des Bâtiments en Algérie en Vue d'Améliorer leur Performance Énergétique : Vers une Approche Énergétique Positive

   Porteur du Projet: Pr LARBES Chérif, École Nationale Polytechnique

3. **Chef d'un Projet Interne à l'URAER portant sur:**

   L'Utilisation Passive de l'Énergie Solaire pour la Proposition et l'Étude d'une Maison Individuelle Basse Consommation Énergétique à Ghardaïa

4. **Membre dans d'un Projet Interne à l'URAER portant sur:**

   Étude et Réalisation d'une Serre Tunnel avec Stockage Thermique Installée à Ghardaïa

2. ACTIVITES DE RECHERCHE

2.4. Publications et Présentations de Travaux

1. **Publication des résultats dans des revues internationales avec comité de lecture. Les publications les plus importantes :**

- **S. M. A. Bekkouche, T. Benouaz, M. R. Yaiche, M. K. Cherier, M. Hamdani, F. Chellali, " Introduction to Control of Solar Gain and Internal Temperatures by Thermal Insulation, Proper Orientation and Eaves ", Elsevier, Energy and Buildings vol.43 (2011) pp. 2414–2421.**
- **S. M. A. Bekkouche, T. Benouaz, M. K. Cherier, M. Hamdani, R. M. Yaiche, R. Khanniche, Influence of building orientation on internal temperature in Saharan climates, building located in Ghardaïa region (Algeria), International Scientific Journal, Thermal science, Article in press, http://thermalscience.vinca.rs/online-first/646.**
- **S. M. A. Bekkouche, T. Benouaz and Martin Bohner (2011), " Detection of the Existence of Bifurcation Surfaces Using the Optimal Derivative", International Journal of Mathematics & Computation : Vol. 11, Number J11, pp. 50-60.**
- **S. M. A. Bekkouche, T. Benouaz and A. Cheknane (2009), " A Modelling Approach of Thermal Insulation Applied to a Saharan Building ", Thermal Science: Vol. 13 (2009), Nº. 4, pp. 233-244.**

2. ACTIVITES DE RECHERCHE

2.4. Publications et Présentations de Travaux

2. Articles soumis à des revues internationales pour publication.

- **S.M.A. Bekkouche, T. Benouaz, M.K. Cherier, M. Hamdani, N. Benamrane and M.R. Yaiche, " Studies and Choice of Local Building Materials for Improving Interior Temperatures of a Building Located in Ghardaïa Region "**

  Elsevier, Construction and Building Materials

- **S.M.A. Bekkouche, T. Benouaz ,M.K. Cherier, M. Hamdani, M.R. Yaiche and N. Benamran, " Improving of Interior Temperatures by Controlling the Solar Gain and Reinforced Thermal Insulation of the Building Envelope in Ghardaïa Climate ".**

  IJACE International Journal of Advanced Computer Engineering

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.1. Detection of the Existence of Bifurcation Surface using the Optimal Derivative

Modèle Ratio Dépendant d'Arditi-Ginzburg 1989

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{d\tau} = x(1-x) - \dfrac{\nu x y}{x+y} \\ \dfrac{dy}{d\tau} = -\gamma y + \dfrac{\mu x y}{x+y} \end{cases}$$

$$\lim_{(x,y)\to(0,0)} f_2(x,y) = \lim_{(x,y)\to(0,0)} f_1(x,y) = 0$$

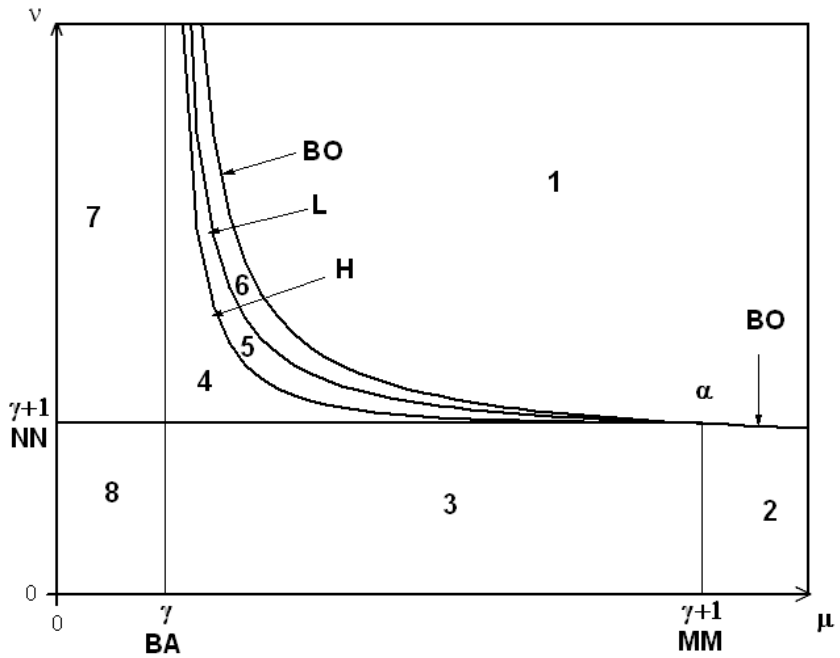


Fig. 1: Diagramme de Bifurcation.

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.1. Détection de l'Existence d'une Surface de Bifurcation en Utilisant la Dérivée Optimale

Domaine 4 : $(\gamma, \mu, \nu) = (1.5, 2, 2.7)$ $\quad (x_0, y_0) = (0.3, 0.3)$

$x_{eq} = 0.325,\ y_{eq} = 0.1083.$

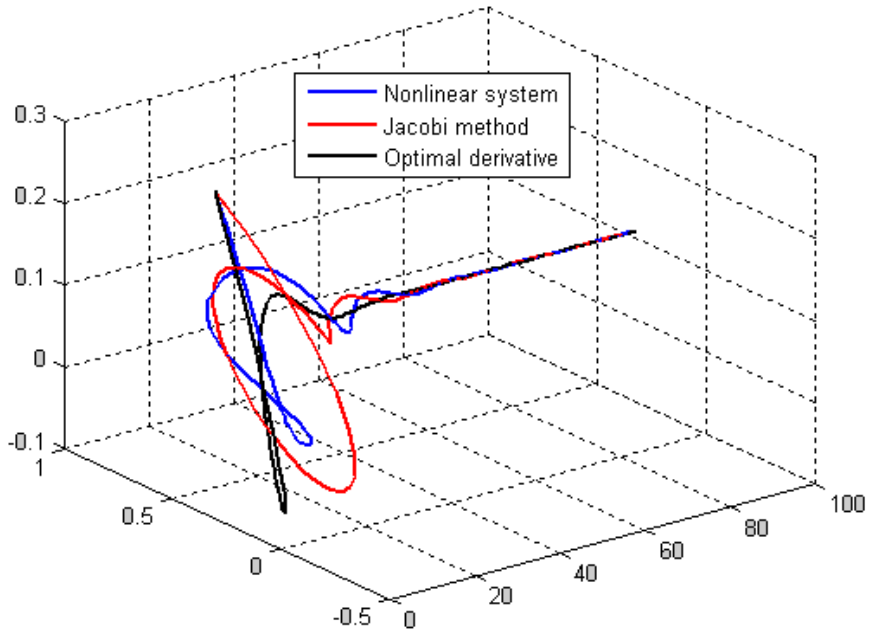


Fig. 2: Espace de mouvement

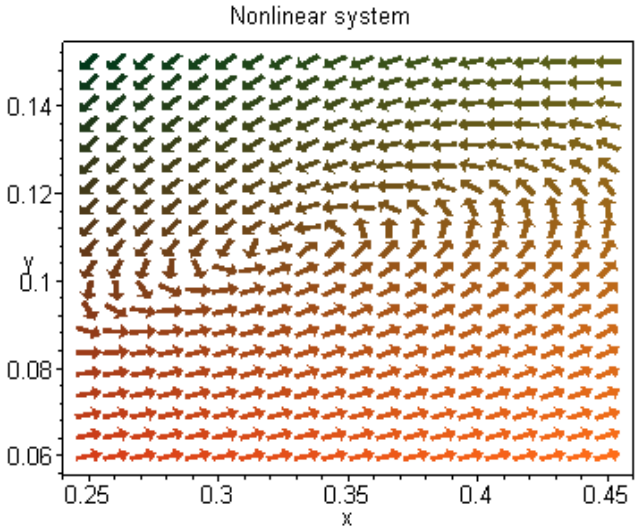


Fig. 3: Champ de vecteurs système non linéaire

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.1. Détection de l'Existence d'une Surface de Bifurcation en Utilisant la Dérivée Optimale

Frontière H : $(\gamma, \mu, \nu) = (1.5, 2, 11/3.5)$ $(x_0, y_0) = (0.25, 0.06)$

$x_{eq} = 0.21428$, $y_{eq} = 0.07143$.

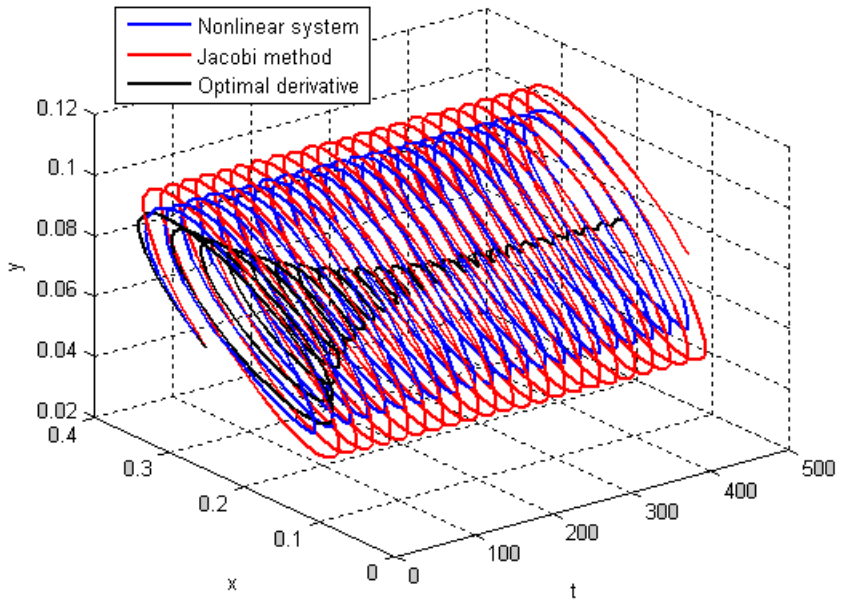


Fig. 4: Espace de mouvement

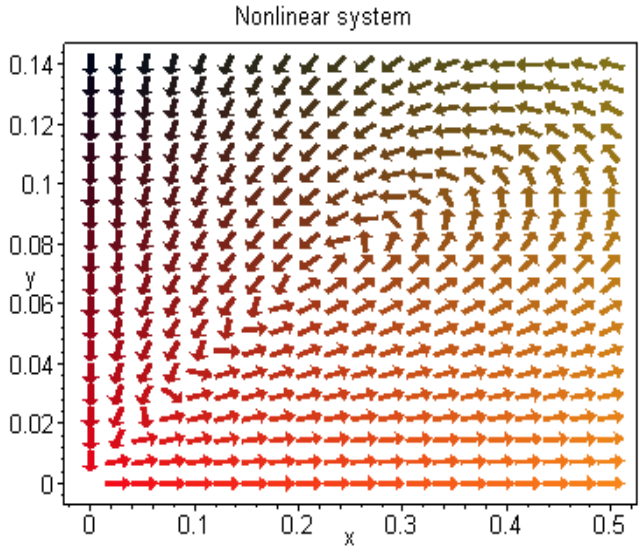


Fig. 5: Champ de vecteurs système non linéaire

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.1. Détection de l'Existence d'une Surface de Bifurcation en Utilisant la Dérivée Optimale

Domaine 5 : $(\gamma, \mu, \nu) = (1.5, 2, 2.92)$ $(x_0, y_0) = (0.0, 0.04)$

$x_{eq} = 0.16571$, $y_{eq} = 0.06628$.

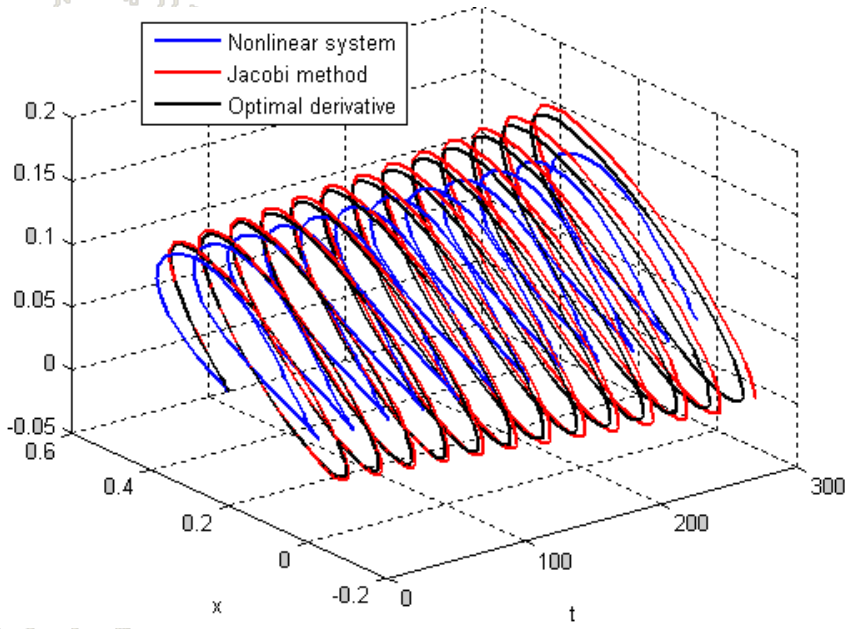


Fig. 6: Espace de mouvement

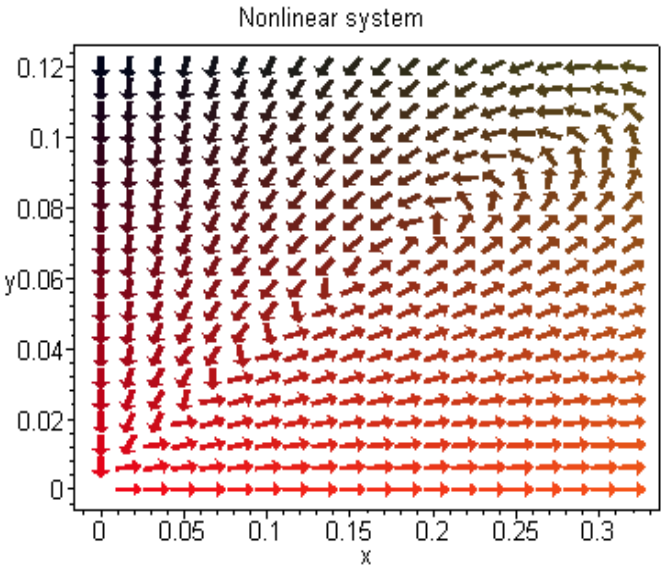


Fig. 7: Champ de vecteurs système non linéaire

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.1. Détection de l'Existence d'une Surface de Bifurcation en Utilisant la Dérivée Optimale

Conclusion

- L'analyse qualitative basée sur la représentation des trajectoires dans les espaces de mouvement montre qu'elles convergent vers le point B qui est un point d'équilibre asymptotiquement stable pour des paramètres qui correspondent au domaine 4.

- La frontière H est définie comme étant la limite d'une région de stabilité asymptotique. Il s'agit d'une bifurcation d'Andronov Hopf autour de B.

- Lorsque les paramètres franchissent le bord H du domaine 4 au domaine 5, le système et le point d'équilibre change de stabilité.

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

L'Influence de l'Orientation sur les Apports Solaires

- Les apports solaires dépendent de l'ensoleillement, de l'orientation des surfaces réceptrices, de l'ombrage permanent et des caractéristiques de transmission et d'absorption solaires des surfaces réceptrices.

$$Q_s = 24 \sum I_{sj}\, S_{sj} \qquad S_{sj} = A\, S\, Fs \qquad (1)$$

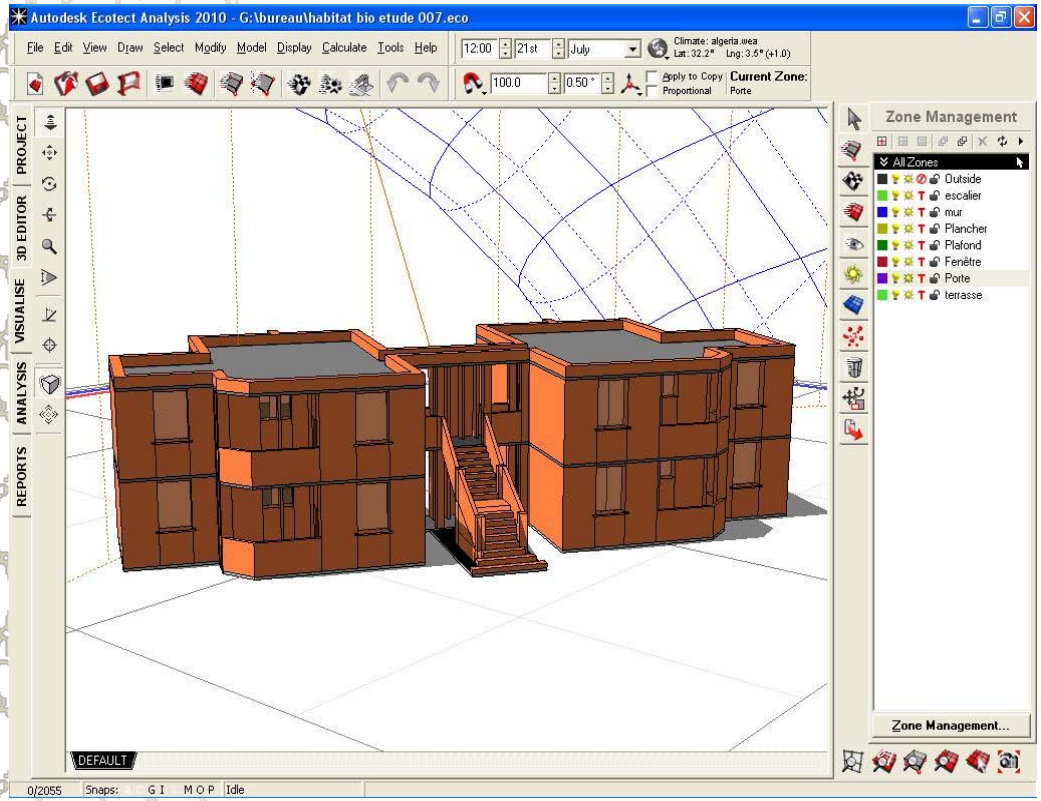
$$Q_s = I_{s_Sud}\, S_{s_Sud} + I_{s_Nord}\, S_{s_Nord} + I_{s_Est}\, S_{s_Est} + I_{s_Ouest}\, S_{s_Ouest} \qquad (2)$$

- Nous nous intéressons aux apports solaires directs qui représentent l'énergie captée dans un bâtiment sous forme de chaleur sans disposition spécial de captage (à travers les ouvertures). Nous devons aménager alors ces bâtiments en fonction des apports solaires afin de profiter " passivement " de la chaleur et de la lumière du soleil. Ces études visent principalement l'influence de l'orientation d'une habitation typique sur les apports solaires thermiques dans la région de l'Atlas Saharien.

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

L'Influence de l'Orientation sur les Apports Solaires



L'étude des ouvertures demande une approche du couplage avec la maîtrise des ambiances intérieures en conditions estivales et hivernales, exigences récentes sur les plans de la réglementation et de la normalisation

Fig. 8: Simulation des données en 3D

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

L'Influence de l'Orientation sur les Apports Solaires

	Ghardaïa			Laghouat			El Bayadh			Biskra		
	Sud	Nord	Est et Ouest	Sud	Nord	Est et Ouest	Sud	Nord	Est et Ouest	Sud	Nord	Est et Ouest
Janvier	6764	260	2653	6993	237	2665	7233	214	2734	6336	265	2355
Février	6576	307	3269	6863	283	3358	6971	256	3423	6358	318	3027
Mars	5492	382	3773	5761	354	3892	5659	320	3921	5484	403	3578
Avril	3929	689	4216	4155	661	4381	3876	611	4411	4085	686	4043
Mai	2695	1423	4256	2872	1400	4449	2519	1294	4456	2925	1341	4142
Juin	2153	2084	4240	2307	2035	4456	1923	1891	4483	2420	1877	4133
Juillet	2350	1751	4106	2502	1721	4314	2136	1593	4338	2595	1621	3999
Août	3198	978	3942	3386	938	4106	3087	856	4132	3369	956	3779
Septembre	4470	528	3616	4712	489	3757	4564	436	3819	4494	562	3418
Octobre	5649	402	3158	5931	366	3256	5998	324	3320	5465	426	2926
Novembre	6313	312	2690	6583	283	2744	6831	252	2840	5909	323	2398
Décembre	6478	258	2323	6726	235	2351	6994	211	2399	6059	264	2099

Tableau 1 : Irradiations journalières moyennes mensuelles pour quatre wilaya Ghardaïa, Laghouat, El Bayadh et Biskra

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

L'Influence de l'Orientation sur les Apports Solaires

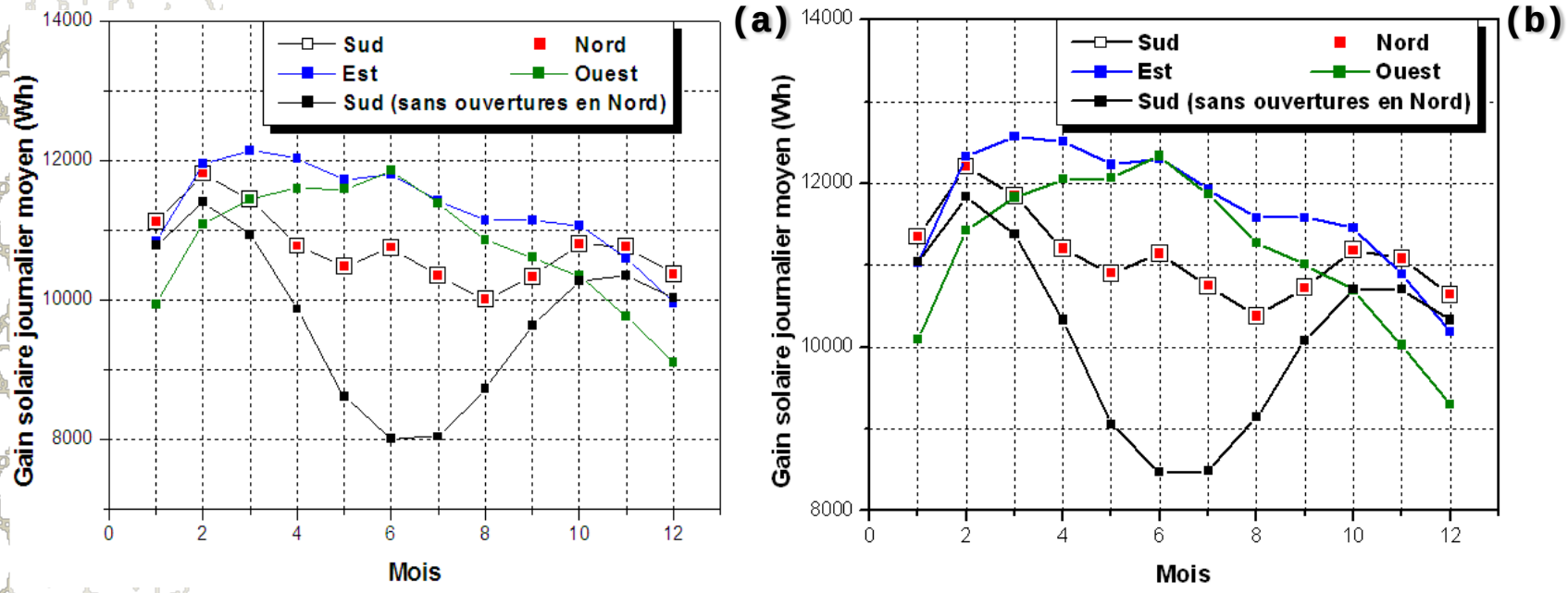


Fig. 8: Gain solaire journalier moyen mensuel, a: Ghardaïa, b : Laghouat.

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

L'Influence de l'Orientation sur les Apports Solaires

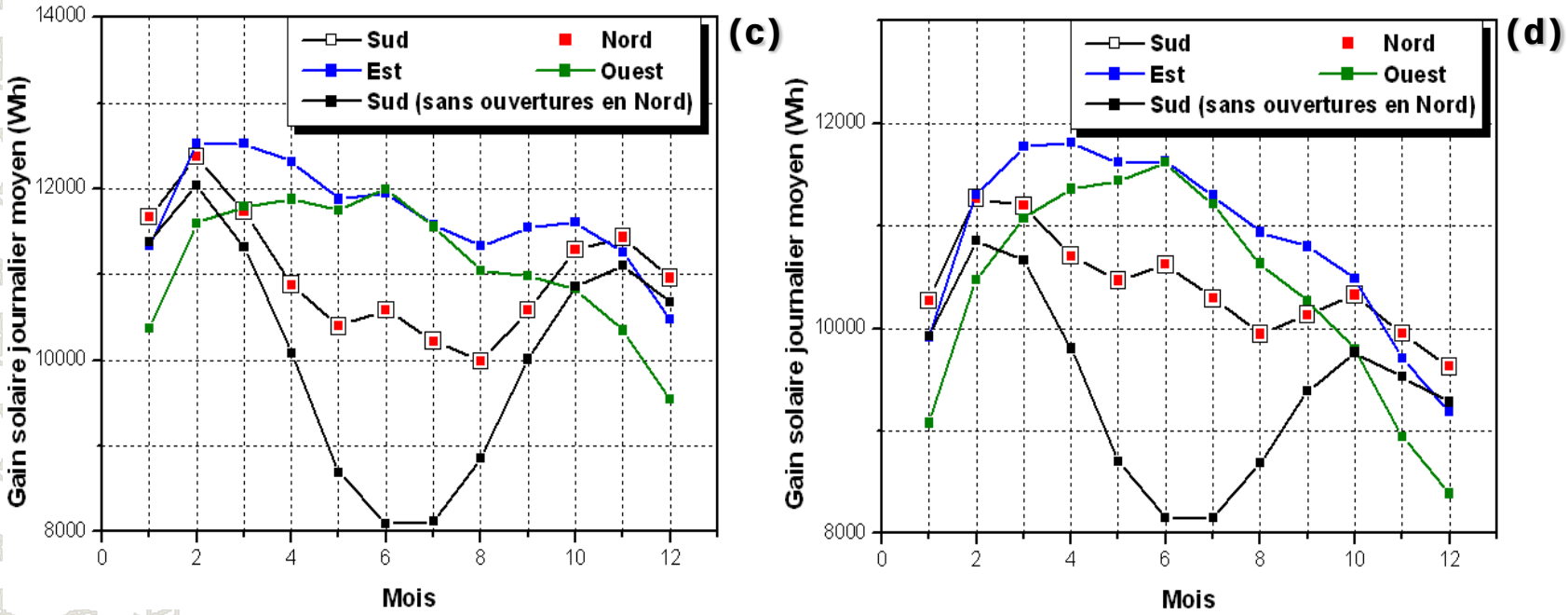


Fig. 9: Gain solaire journalier moyen mensuel, c : El Bayadh et d : Biskra.

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

L'Influence de l'Orientation sur les Apports Solaires

- **Il faut limiter les surfaces vitrées horizontales aux seuls besoins d'éclairage naturel des locaux situés au dessous.**

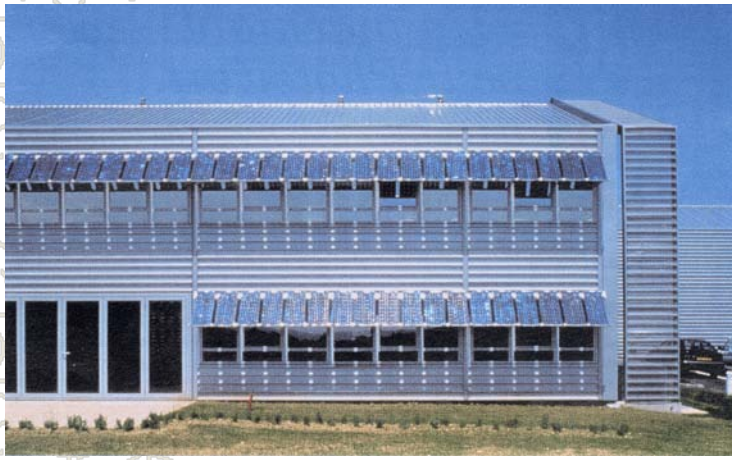
- **En conception, la meilleure protection solaire dans un bâtiment bien isolé et à apports internes estivaux importants, c'est de limiter la surface de vitrage.**

- **Les caractéristiques des vitrages doivent répondre à des préoccupations parfois contradictoires : profiter des apports solaires en hiver et les limiter en été et limiter le facteur solaire tout en profitant de l'éclairage naturel. Donc, si l'on ne prend en compte que le seul critère thermique, et si une protection solaire très efficace n'est pas prévue, une limitation des espaces vitrés par exemple s'impose dans une maison individuelle bien isolée et avec des apports internes moyens ou élevés, quelle que soit son orientation.**

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

Intégration des brises soleil PV



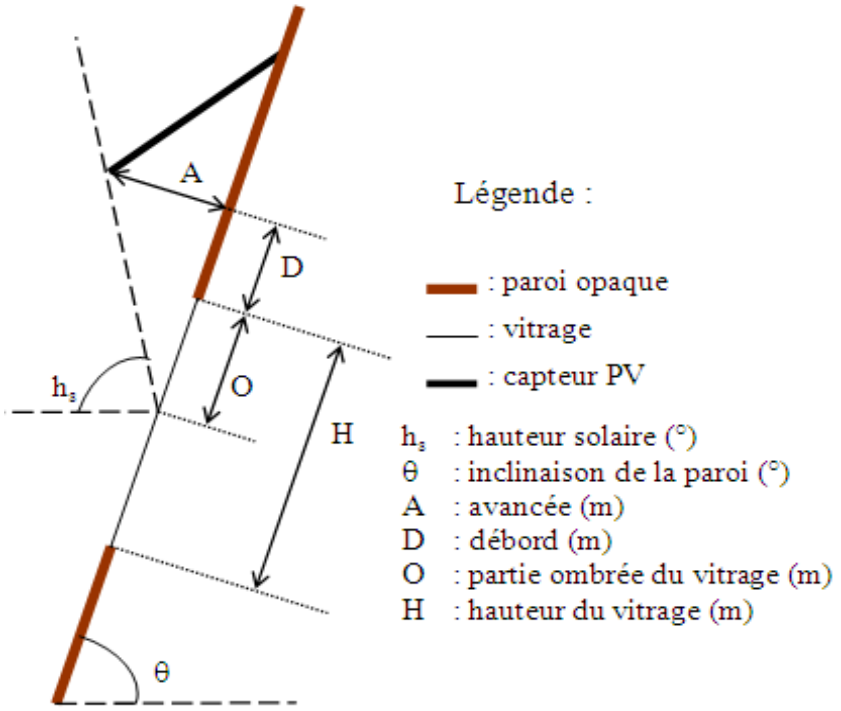


Fig. 10 : Intégration de type brise-soleil.

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

Intégration des brises soleil PV

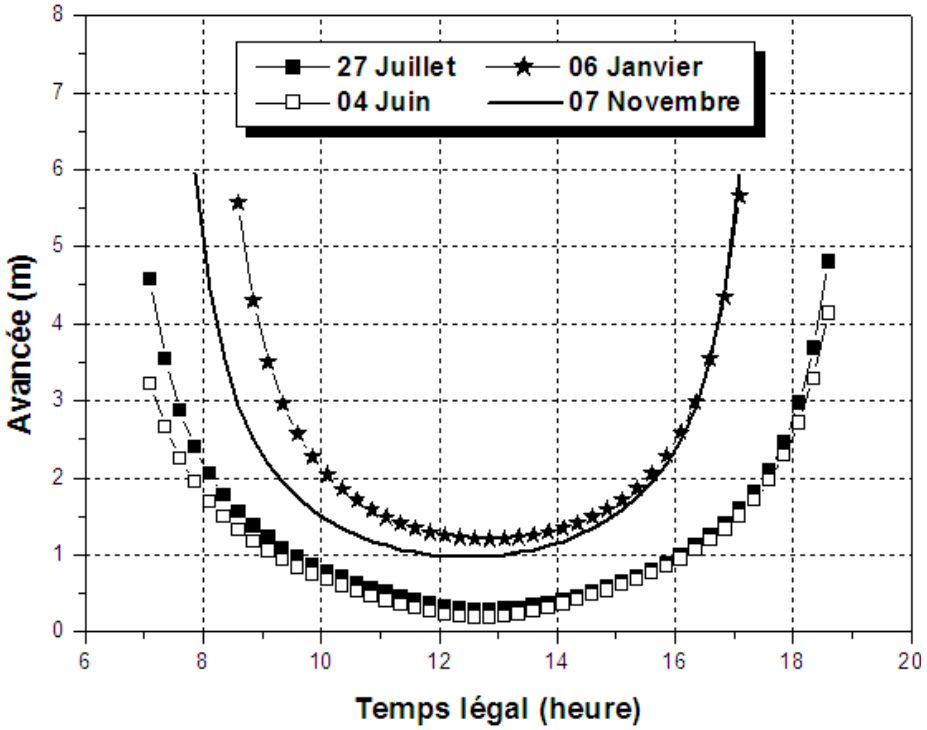


Fig. 11 : Dimension de l'avancée en fonction du temps légal

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

Intégration des brises soleil PV

- **Les apports solaires seront valorisés en hiver. Pour ce faire, il sera préférable d'ouvrir le bâtiment au sud. Orientation où les apports excessifs estivaux peuvent facilement être maîtrisés. A l'inverse, au nord, est, ouest, les surfaces vitrées seront limitées aux besoins en éclairage naturel.**

- **Valoriser les apports solaires en hiver et se protéger des surchauffes en été implique également une inertie thermique importante des matériaux constructifs dans les locaux de jour. Celle-ci permettra de lisser les pointes de chaleur en été et de stocker les apports de chaleur gratuits en hiver.**

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

L'Inertie Thermique

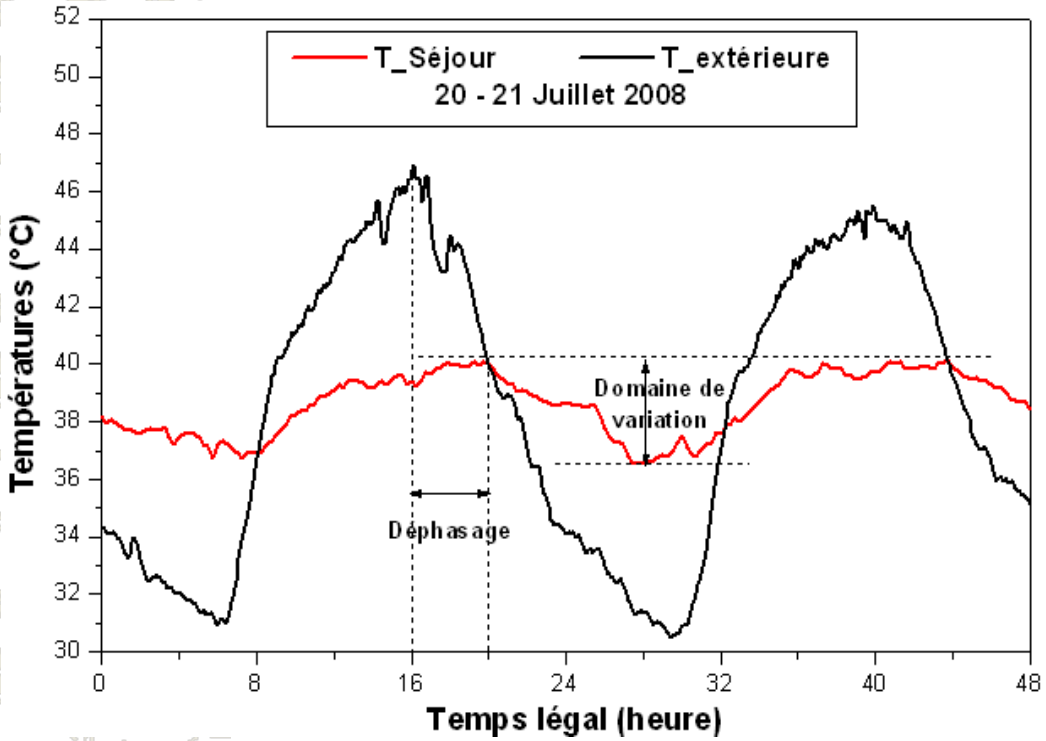


Fig. 12. Températures mesurées intérieures et extérieures, Ghardaïa le 20-21 Juillet 2008.

Une forte inertie d'une maison en pierre peut être bénéfique pour la température intérieure, mais attention, dans les zones Sahariennes, chaque cas est particulier, chaque maison mérite que l'on se penche sur sa structure afin de ne pas faire de bêtises.

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

Modèle et Méthode de Calcul

- Le bilan énergétique proposé de l'air est un modèle d'un nœud par zone, qui indique la capacité thermique du volume d'air de cette zone. Dans ce modèle n'importe quel point de l'air dans la zone a les mêmes propriétés.
- Le principe est de considérer que cet bâtiment est multi-zone, avec une température homogène par zone. A chaque zone est attribuée un nœud représentant la Température de cette zone.
- Ces modèles ne concernent que les échanges thermiques. On ne peut donc pas étudier la stratification de l'air d'une zone, l'influence du vent sur les infiltrations d'air, la diffusion d'eau dans les parois,... Les changements d'état ne sont pas non plus pris en compte, donc le stockage par chaleur latente n'est pas traité, ni l'effet des variations d'humidité. C'est donc exclusivement l'enveloppe qui est étudiée.

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

Confrontation Avec l'Expérience et l'Apport de l'Isolation Thermique

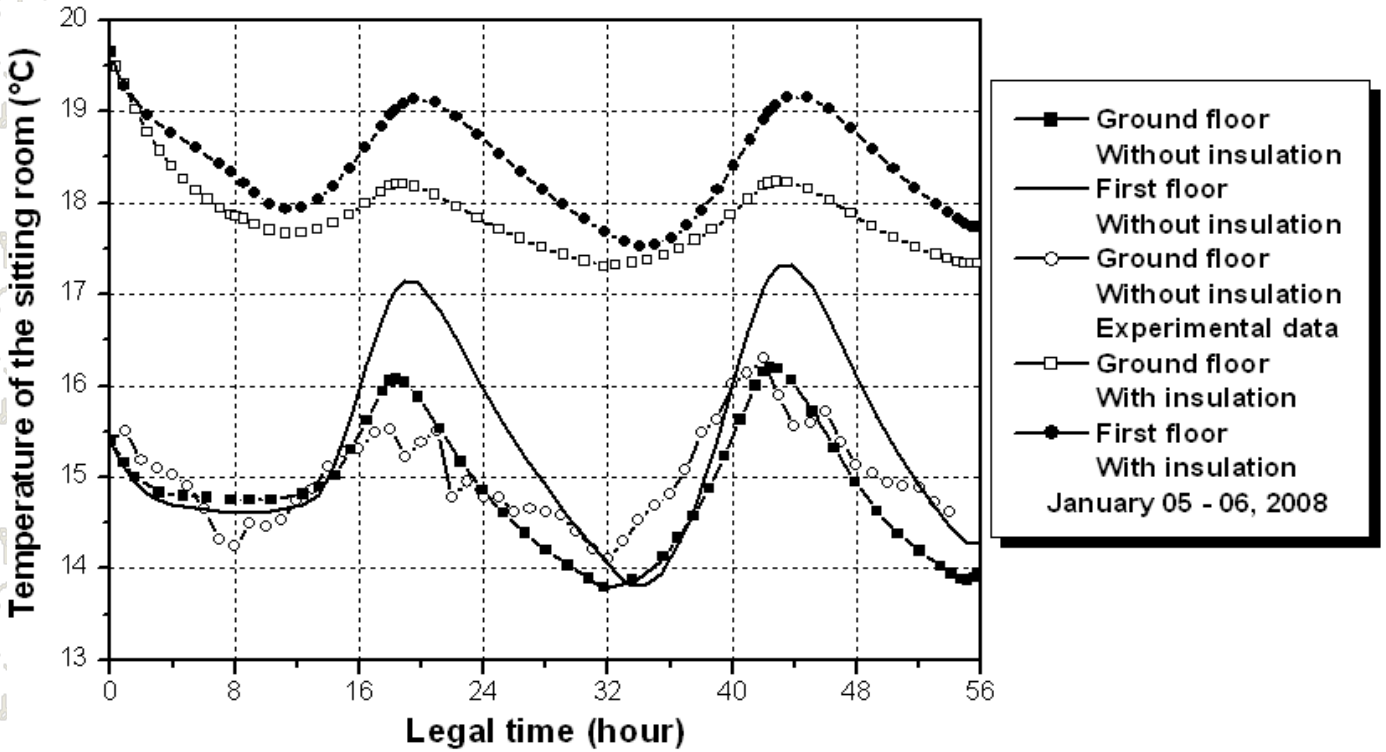


Fig. 13. Température du séjour, Ghardaïa les 05-06 janvier 2009.

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

Confrontation Avec l'Expérience et l'Apport de l'Isolation Thermique

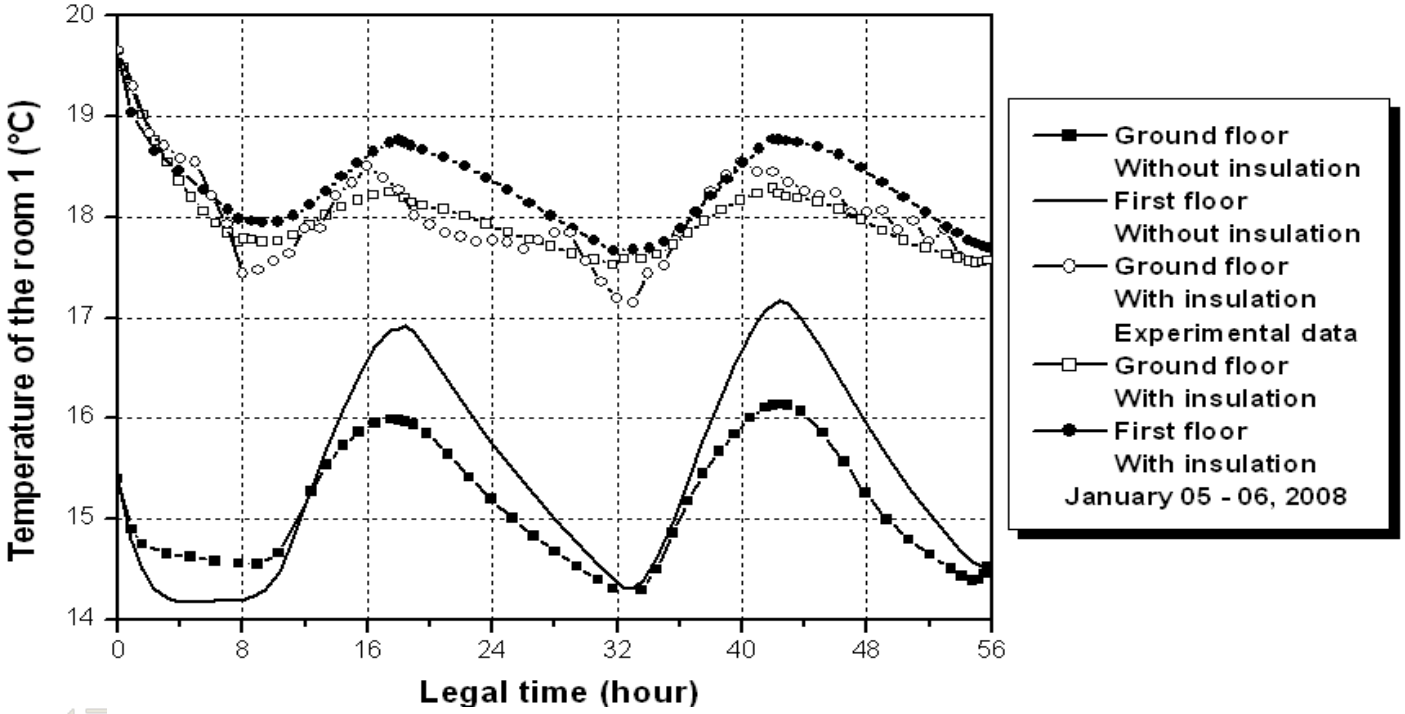


Fig. 14. Température de la pièce 1, Ghardaïa les 05-06 janvier 2009.

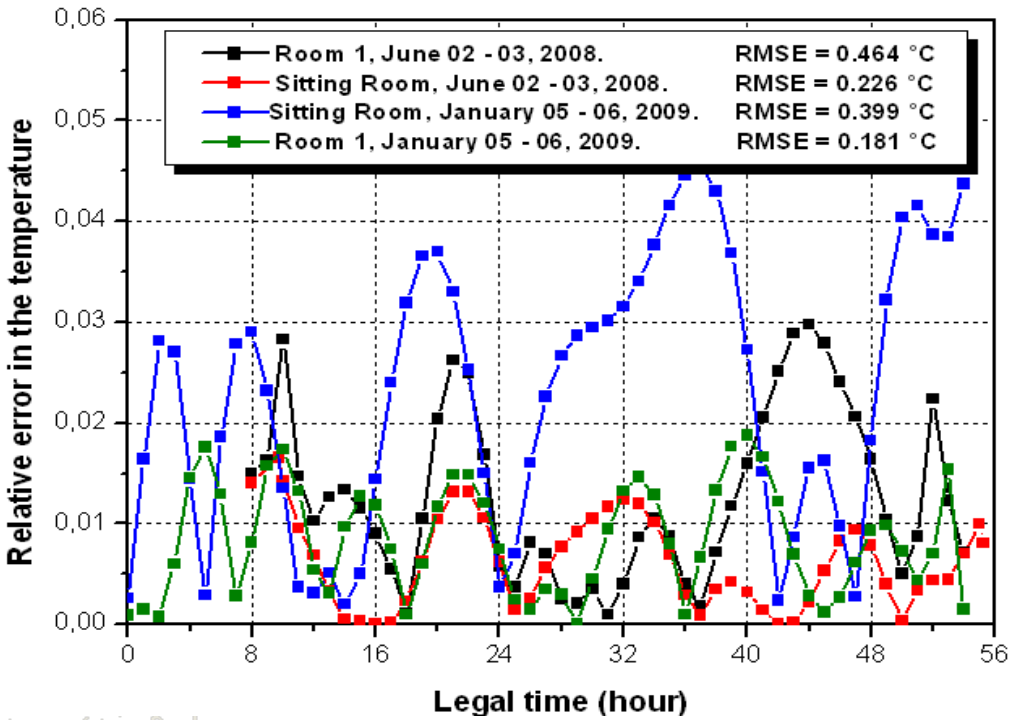
3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

Confrontation Avec l'Expérience et l'Apport de l'Isolation Thermique

Root Mean Square Error

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{L=1}^{L=N}\left(T_{measured} - T_{calculated}\right)^2}$$



$$Err = \frac{\left| T_{measured} - T_{calculated} \right|}{T_{measured}}$$

Fig. 15. Erreur relative et erreur quadratique moyen commises sur les températures

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

Orientation du Bâtiment

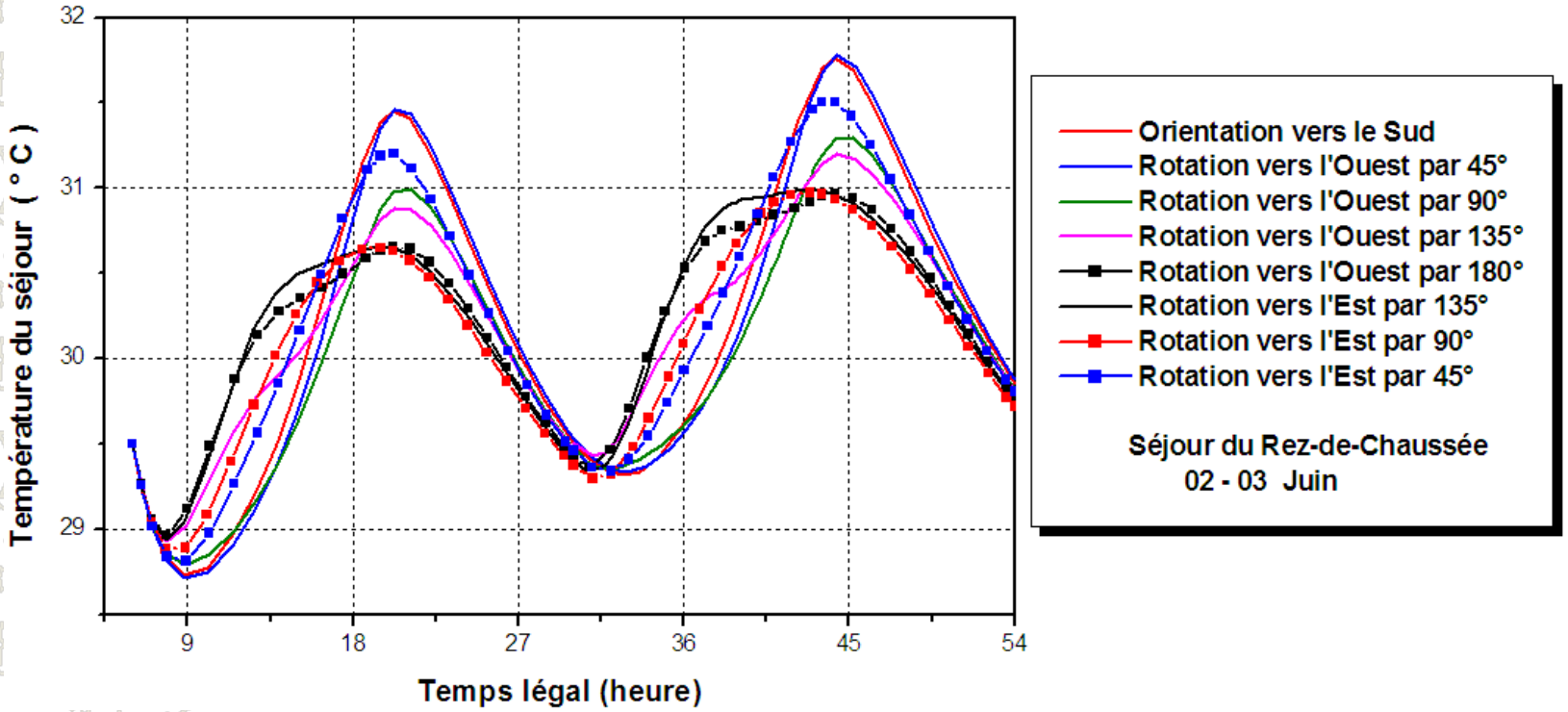


Fig. 16. : Influence de l'orientation sur la température du Séjour du Rez-de-chaussée, Sans isolation, Ghardaïa le 02-03 Juin 2009.

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

Orientation du Bâtiment

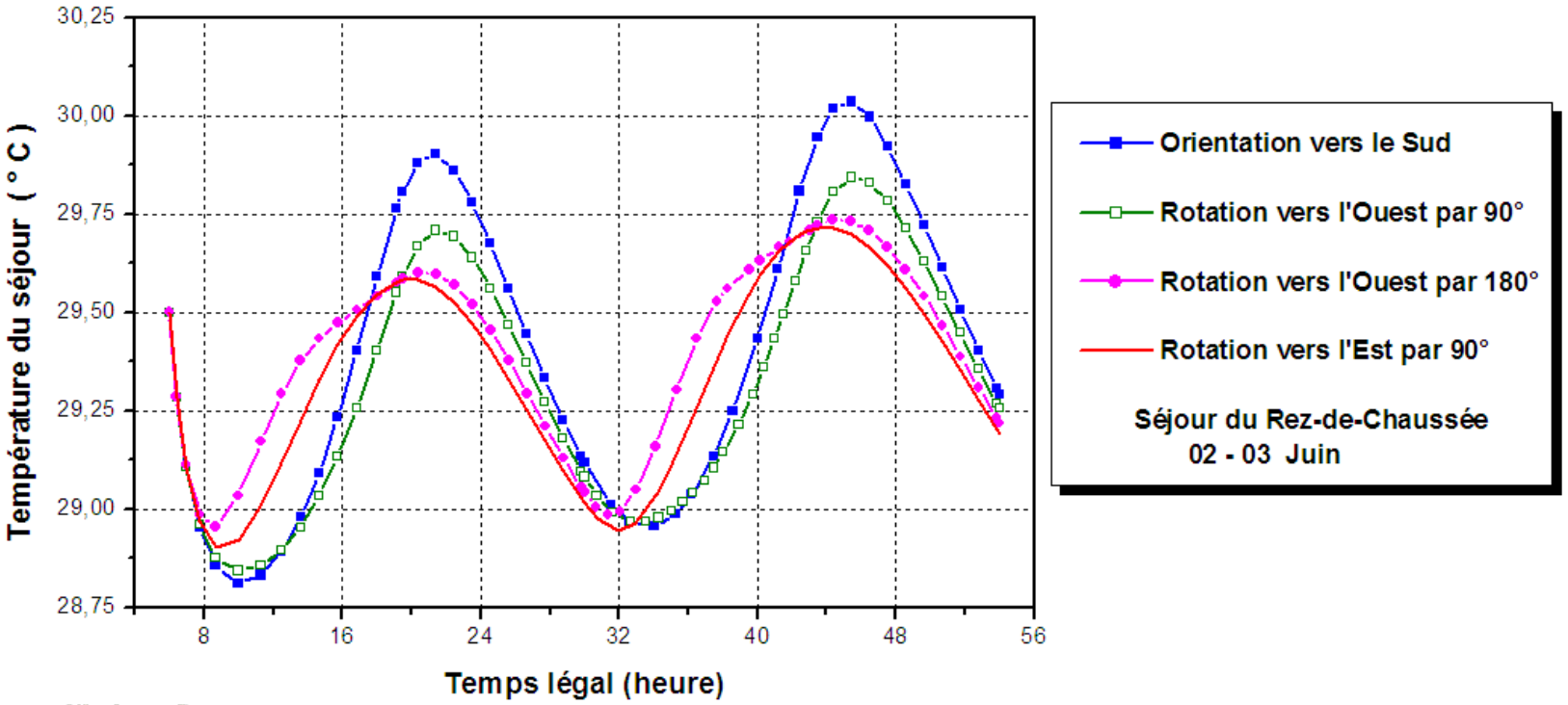


Fig. 17 : Influence de l'orientation sur la température du Séjour du Rez-de-chaussée, Avec isolation, Ghardaïa le 02-03 Juin 2009.

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

Orientation du Bâtiment

- En période chaude, ces orientations ne sont jamais favorables, elles conduisent toujours à des surchauffes en été. Leurs influences dépendent des planchers et des parois extérieurs à savoir les matériaux de constructions, le niveau d'isolation et l'application des règles indissociables de la conception bioclimatique.
- Pour un meilleur confort, il faut que la situation idéale de la maison soit sur le flanc Sud d'une colline afin de satisfaire au deux stratégies.
- Si le bâtiment est bien isolé, l'orientation n'influe pas sur les températures intérieures.

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

Avant-toits ou " Casquettes "

En hiver l'angle que font les rayons avec l'horizontale est moins important qu'en été, donc de nombreux rayons hivernaux passent sous les casquettes et atteignent les murs, alors que peu de rayons estivaux, atteignent les murs: ils sont arrêtés par les casquettes.

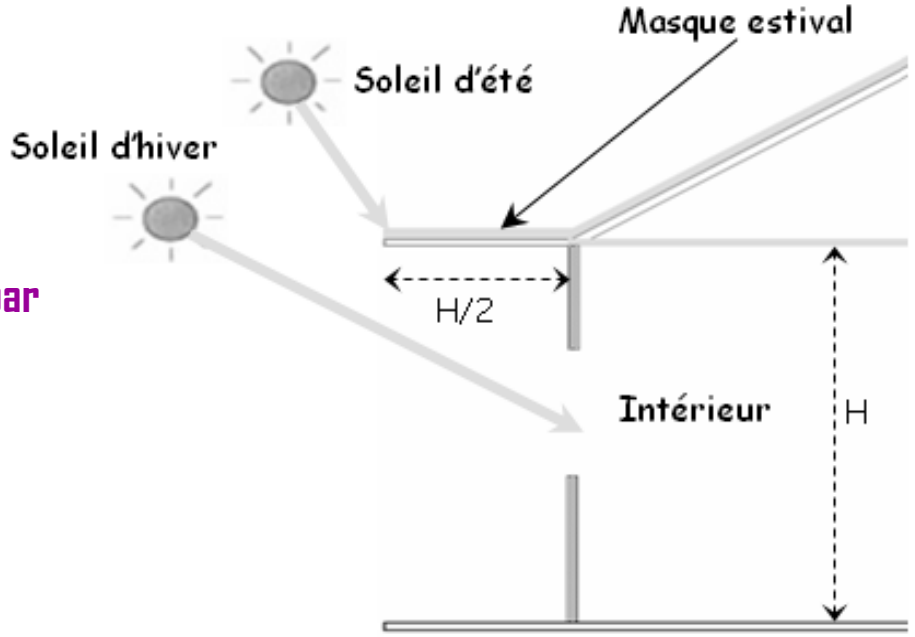
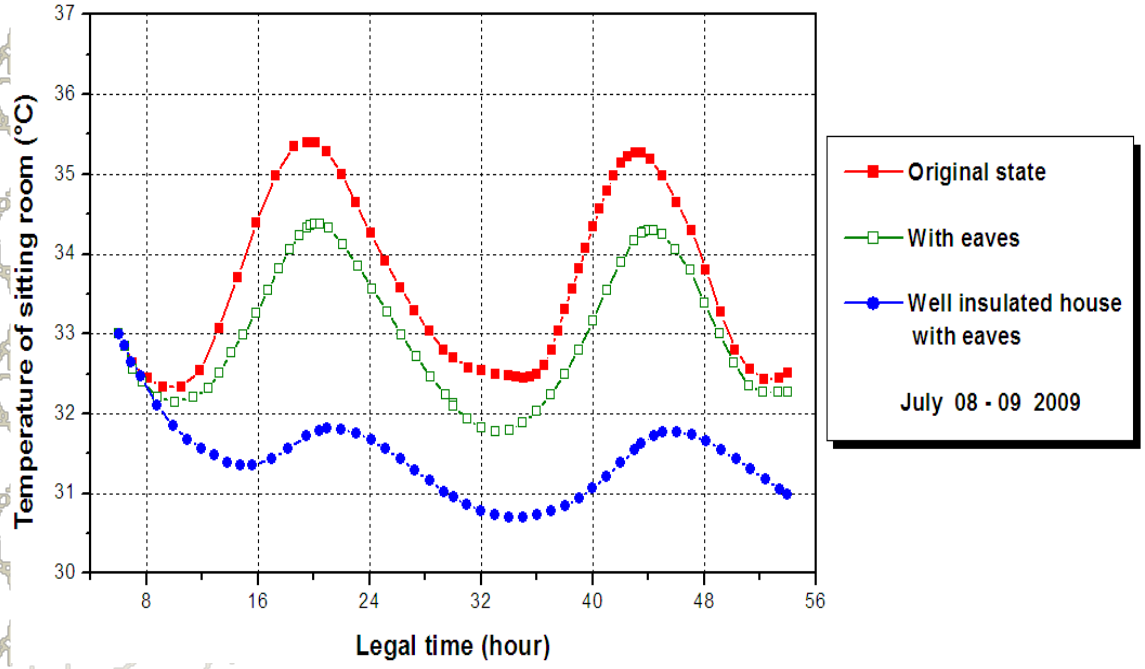


Fig. 18 : Protection solaire par un débord de toit en façade Sud

3. Synthèse des Activités de Recherche

3.2. Introduction à l'Amélioration du Confort Thermique dans un Habitat

Avant-toits ou " Casquettes "



Dès le printemps, le problème de la surchauffe à Ghardaïa se pose sur les parties du bâtiment exposées au soleil.
Le toit et toute surface orientée en plein Sud doivent être dotés de protections contre le rayonnement solaire direct.

Fig. 18 : Protection solaire par un débord de toit en façade Sud

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

4.1. Choix des Matériaux de Construction, Considérations Thermiques

Quel matériau sera réellement capable de tenir l'exigence thermique ?

- **Le concept majeur de la réhabilitation thermique est basé sur la manière dont est constituée la paroi et plus particulièrement sur le calcul des résistances thermiques des murs.**
- **Généralement, les parois ne sont pas isotropes, c'est le cas le plus couramment rencontré dans la réalité.**
- **Il est par conséquent plus judicieux d'opter pour des matériaux locaux, on cite à titre d'exemple: la pierre lourde, le parpaing et la brique creuse.**
- **On détermine les principaux paramètres qui influent sur la résistance thermique du parpaing et de la brique creuse.**

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

4.1. Choix des Matériaux de Construction, Considérations Thermiques

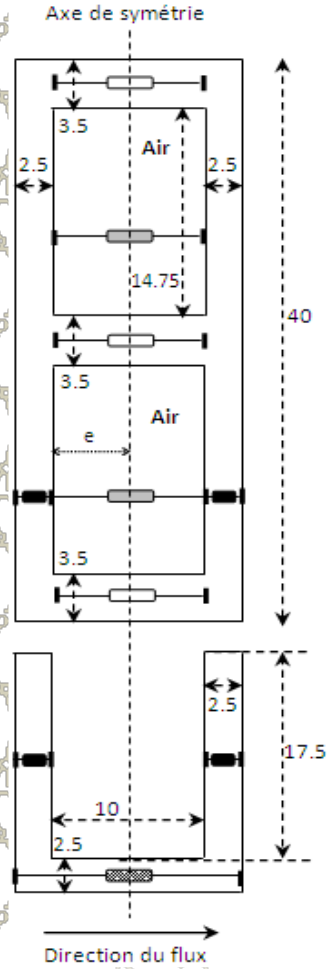
Quel matériau sera réellement capable de tenir l'exigence thermique ?

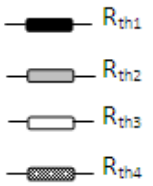
Corrélation	Domaine de validité	Auteurs
$Nu = 0.18\left(\frac{Pr}{0.2+Pr}Ra\right)^{0.29}$	$1 < H/L < 2$ $10^{-3} < Pr < 10^{5}$ $10^{3} < \frac{Ra\,Pr}{0.2+Pr}$	Catton
$Nu = 0.22\left(\frac{Pr}{0.2+Pr}Ra\right)^{0.28}\left(\frac{H}{L}\right)^{-1/4}$	$2 < H/L < 10$ $Pr < 10^{5}$ $10^{3} < Ra < 10^{10}$	Catton
$Nu = 0.42\ Ra^{1/4}\ Pr^{0.012}\left(\frac{H}{L}\right)^{-0.3}$	$10 < H/L < 40$ $1 < Pr < 2\,10^{4}$ $10^{4} < Ra < 10^{7}$	MacGregor et Emery
$Nu = 0.046\ Ra^{1/3}$	$1 < H/L < 40$ $1 < Pr < 20$ $10^{6} < Ra < 10^{9}$	MacGregor et Emery
$Nu = 0.56\ Gr^{0.195}$	$H/L = 1$ $Pr = 0.72$ $5\,10^{4} < Gr < 2\,10^{6}$	Ramesh et Venkateshan

Tableau 2 : Corrélation empirique des transferts de chaleur par convection dans une cavité rectangulaire vide

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

4.1. Choix des Matériaux de Construction, Considérations Thermiques





e varie entre 2.5 et 7.5 cm

$R_{th1} = e / 0.077$

$R_{th2} = (0.15 - 2\,e) / 0.0067375$

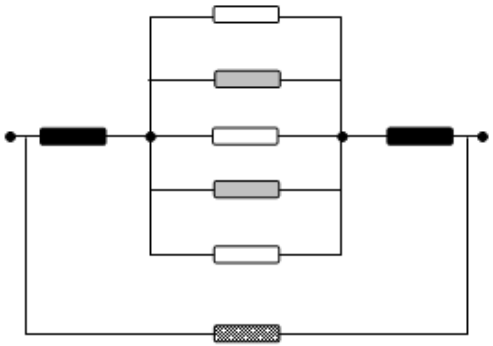
$Z = (Pr\,Ra) / (0.2 + Pr)$

$Nu = 0.18\,Z^{0.29}$

$h = \lambda_{air}\,Nu / 0.175$

$R_{th3} = 1 / (h\,0.0258125)$

$R_4 = 13.6364$



L'écoulement convectif est régi par différents paramètres de contrôle, à savoir le nombre de Rayleigh thermique, le nombre de Prandtl, le rapport de forme de la cavité, l'angle d'inclinaison…

Dans le cas de la convection naturelle dans une cavité remplie d'air, pour Ra < 10^3, le mode de transfert de chaleur dominant est la conduction.

Fig. 19. Dimensions et schéma électrique équivalent d'un parpaing

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

4.1. Choix des Matériaux de Construction, Considérations Thermiques

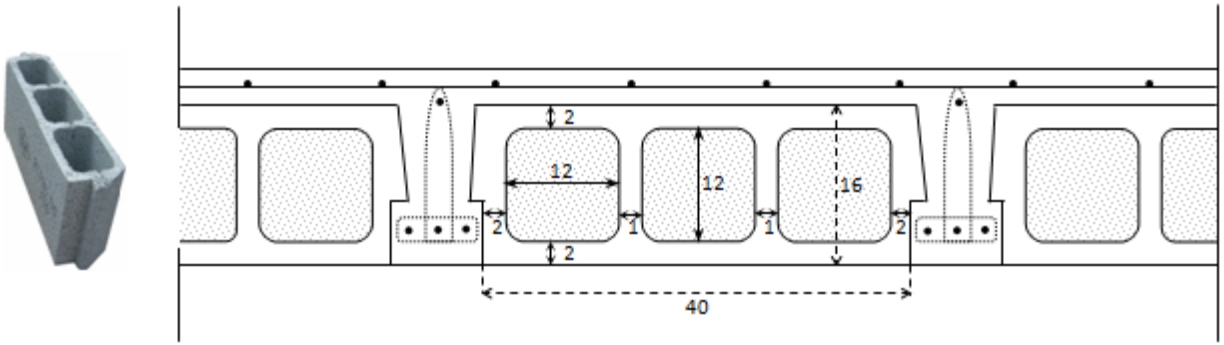


Fig. 20. Coupe type sur nervure (en centimètre)

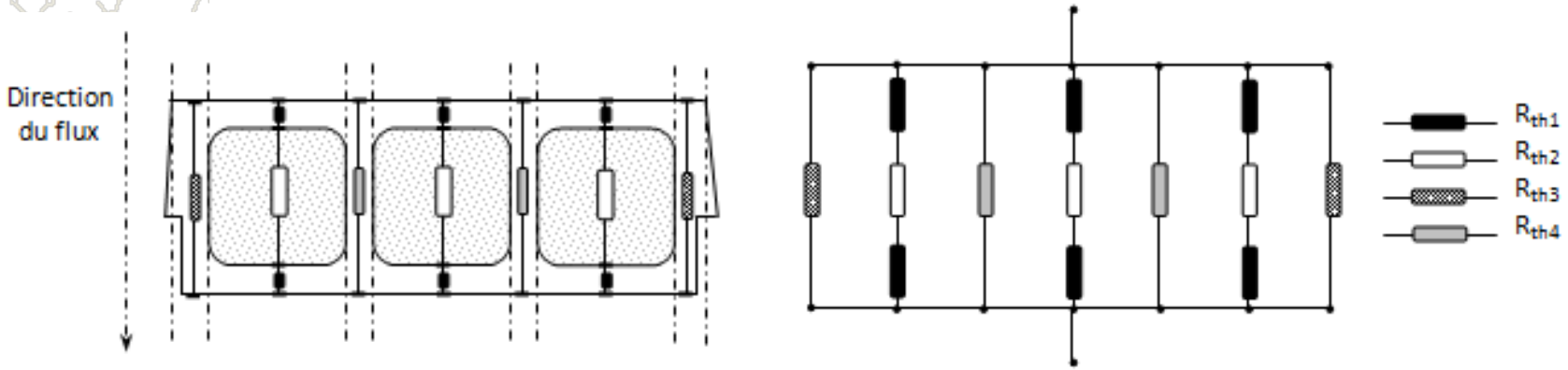


Fig. 21. Schéma électrique équivalent relative à un hourdis

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

4.1. Choix des Matériaux de Construction, Considérations Thermiques

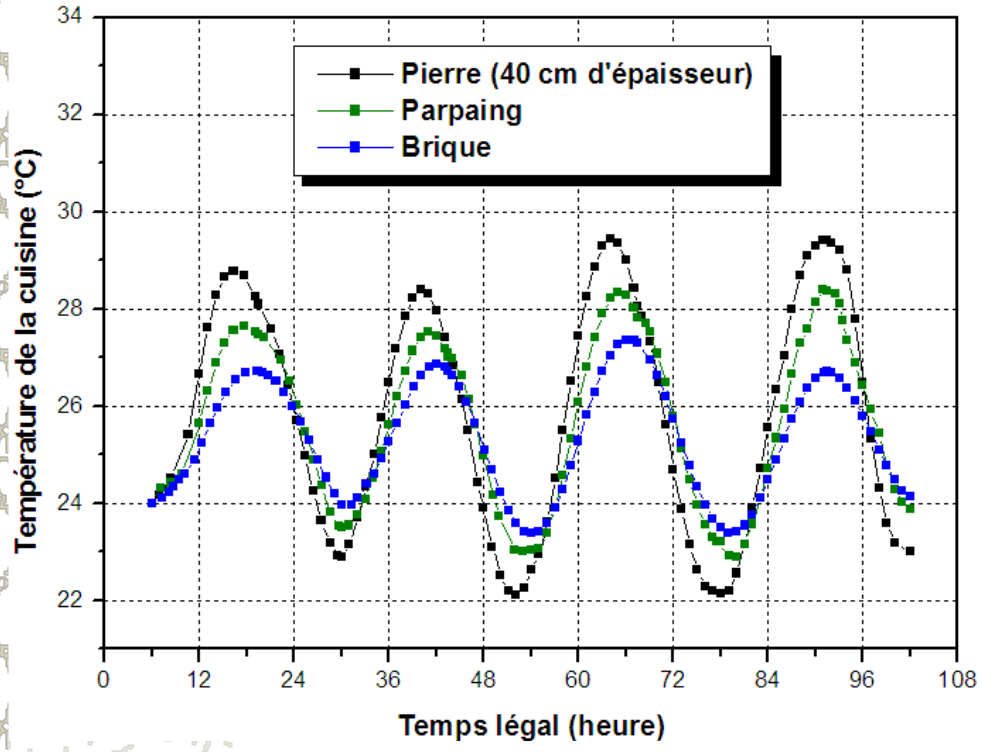


Figure 22: Température de la cuisine, du 06h 01 au 06h 05 Juin 2011, Rez-de-chaussée.

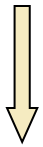
La mesure d'amélioration la plus justifiée économiquement est l'isolation thermique.

La maçonnerie devrait être réalisée avec des briques faites en terre cuite et pourvues de poches d'air étudiées.

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

4.1. Choix des Matériaux de Construction, Considérations Thermiques

- Il est connu donc que l'intensité du rayonnement thermique provenant d'une surface dépend non seulement de la température de cette surface, mais aussi de son émissivité. D'une façon générale, la plupart des corps sont de bons émetteurs de rayonnement thermique, c'est-à-dire qu'ils rayonnent facilement de la chaleur sous forme d'énergie radiante infrarouge.
- La plupart des matériaux de construction ont une émissivité de 0,9 environ, ce qui signifie qu'ils rayonnent 90% du maximum théorique d'énergie radiante correspondant à une température donnée.



- Calcul du coefficient de transmission thermique des parois des bâtiments
- Coefficient de transfert thermique par transmission dans les bâtiments

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

4.1. Choix des Matériaux de Construction, Considérations Thermiques

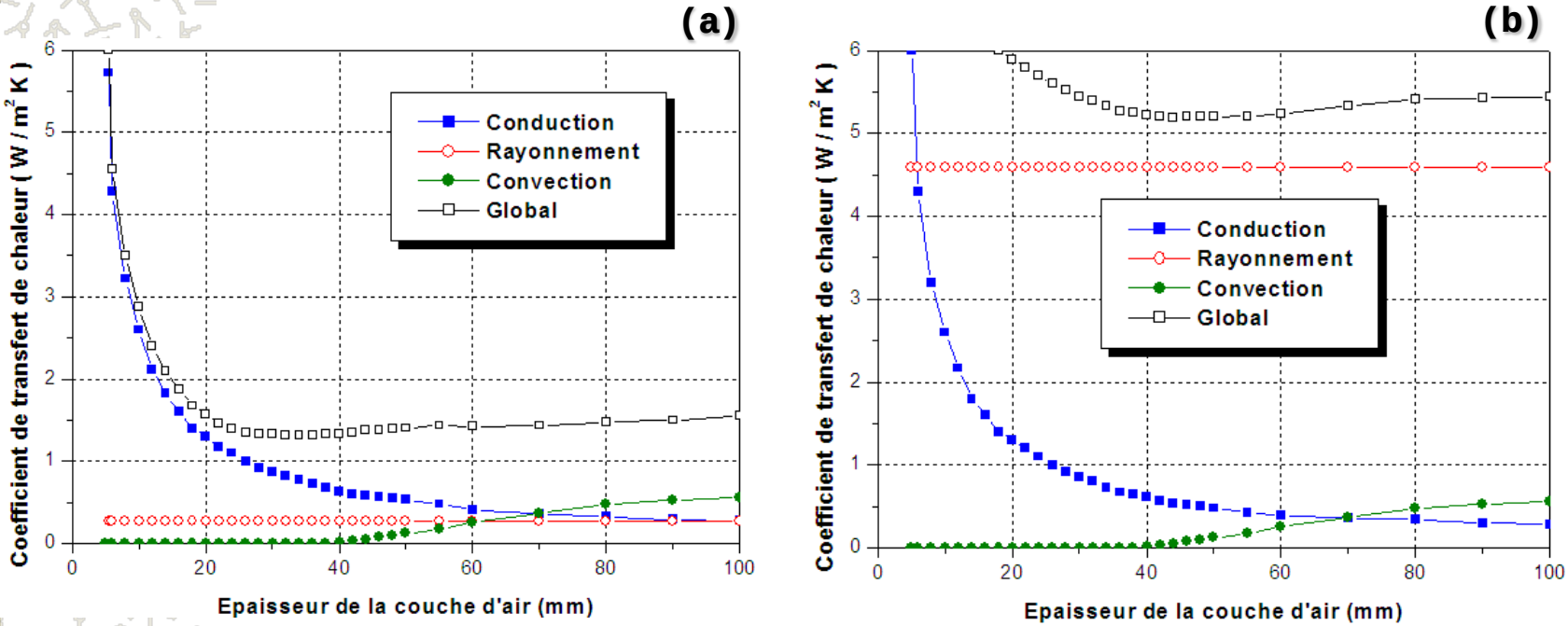


Figure 23: Coefficient de transfert de chaleur en fonction de l'épaisseur de la couche d'air

(a) $\varepsilon = 0.9$, (b) $\varepsilon = 0.05$

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

4.1. Choix des Matériaux de Construction, Considérations Thermiques

- Préciser la référence normative.
- Détermination de la résistance thermique (R) des couches de construction.
- Détermination de la résistance thermique (R) des couches de construction.
- Détermination de la résistance thermique totale (R_T) des éléments de construction.
- Coefficient de transmission thermique (U) d'éléments de construction opaques.
- Détermination du coefficient de transmission thermique des fenêtres et portes.

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

4.1. Choix des Matériaux de Construction, Considérations Thermiques

- Coefficient de transmission thermique des composants des fenêtres et des portes.
- Coefficient de transfert thermique par transmission dans les bâtiments.
- Coefficient de transfert thermique par transmission directe vers l'environnement extérieur.
- Coefficient de transfert thermique par transmission directe vers l'environnement extérieur (H_d).
- Coefficient de transfert thermique par transmission vers l'environnement extérieur via un espace adjacent non-chauffé (H_u).
- Coefficient de transfert thermique par transmission via le sol (Hg).
- Niveau d'isolation thermique globale (niveau K).

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

4.2. Éléments de Conception Bioclimatique

Un rappel de l'état de l'art sur la modélisation et la conception sera effectué selon deux axes : le *solaire passif* et la *ventilation naturelle*.

1. Solaire passif

2. Mur solaire

3. Estimation du renouvellement d'air dans le bâtiment

   3.1 Méthodes simplifiées

- La méthode ASHRAE
- La méthode développée par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment [CSTB, 1992]
- Une norme européenne concernant le calcul des débits de ventilation dans le bâtiment a également été établie par le CEN (Comité Européen de Normalisation) [Comité Européen de Normalisation, 1999].

   3.2 Modèles " multi-zones "

4. Méthode de calcul

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

4.3. Modélisation Hygro-Thermo-Aeraulique des Bâtiments Multizones

1. Contexte du sujet et objectifs

2. Représentation de l'humidité dans un espace multizone

   - transport de l'humidité par les mouvements d'air,
   - condensation de la vapeur sur les parois froides ou dans le volume d'air,
   - comportement hygroscopique des matériaux,
   - sources de vapeur d'eau (métabolisme, activités ménagères).

3. Quelques éléments de validation

4. Description des phénomènes hygriques

   4.1. Formes de l'humidité

   4.2. Transport par l'air

   4.3. Comportement hygroscopique des matériaux. Tampon hygroscopique de T. Duforestel

   4.4 Prise en compte des changements de phase

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

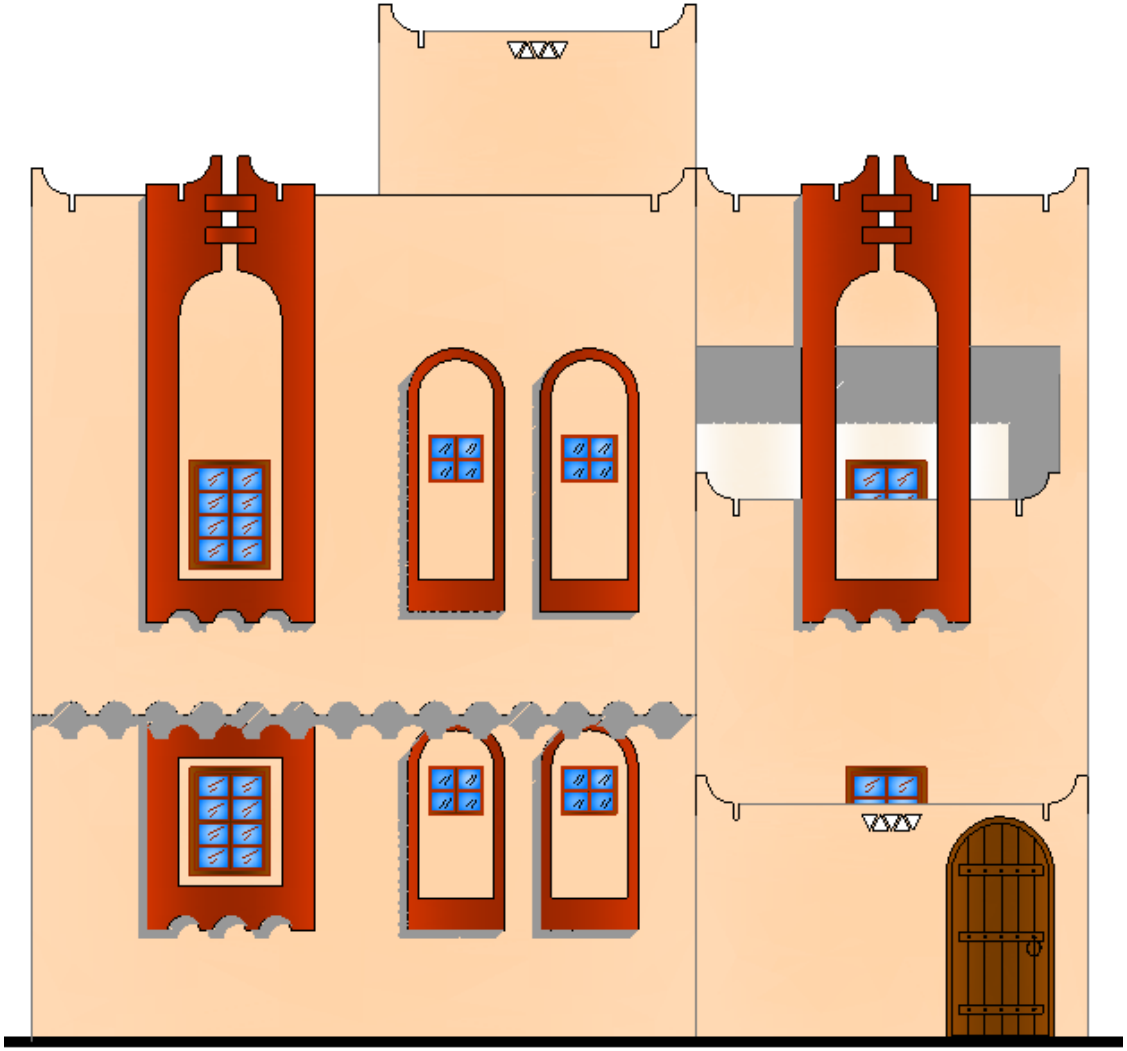


Figure 24:
Plan descriptif
Façade.

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

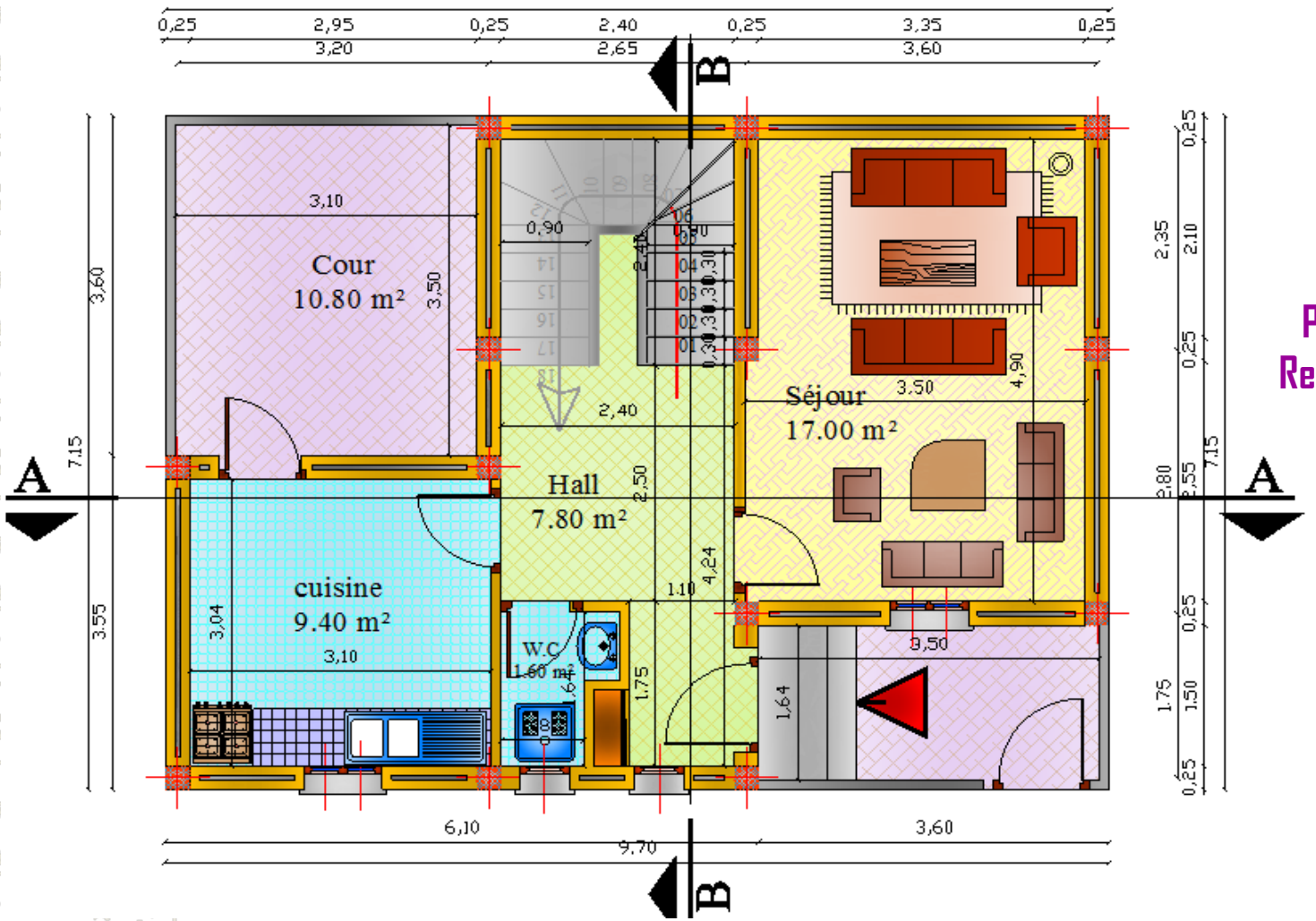


Figure 25:
Plan descriptif
Rez-de-chaussée.

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

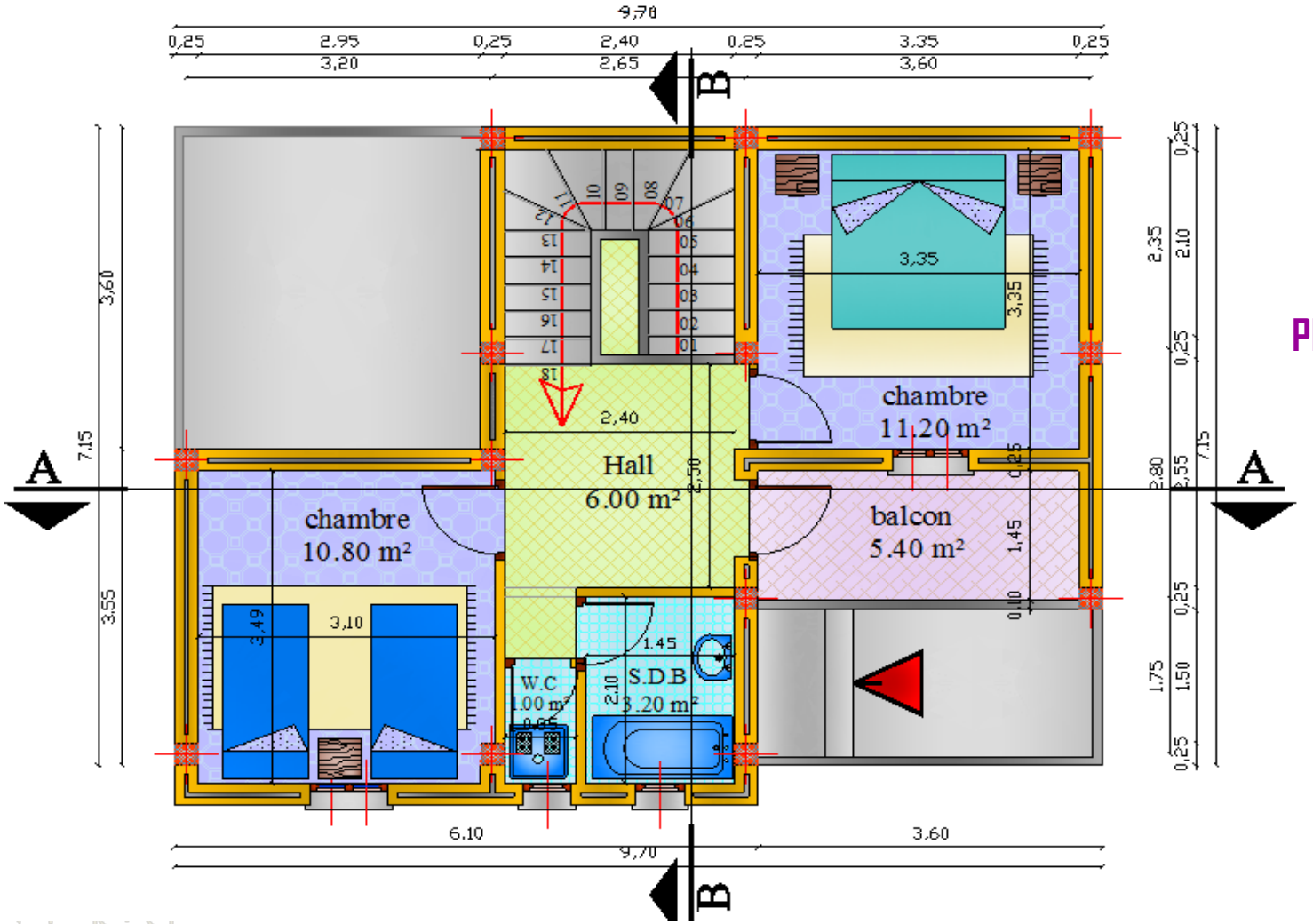


Figure 27:
Plan descriptif
Étage.

4. Travaux en Cours et à Entreprendre

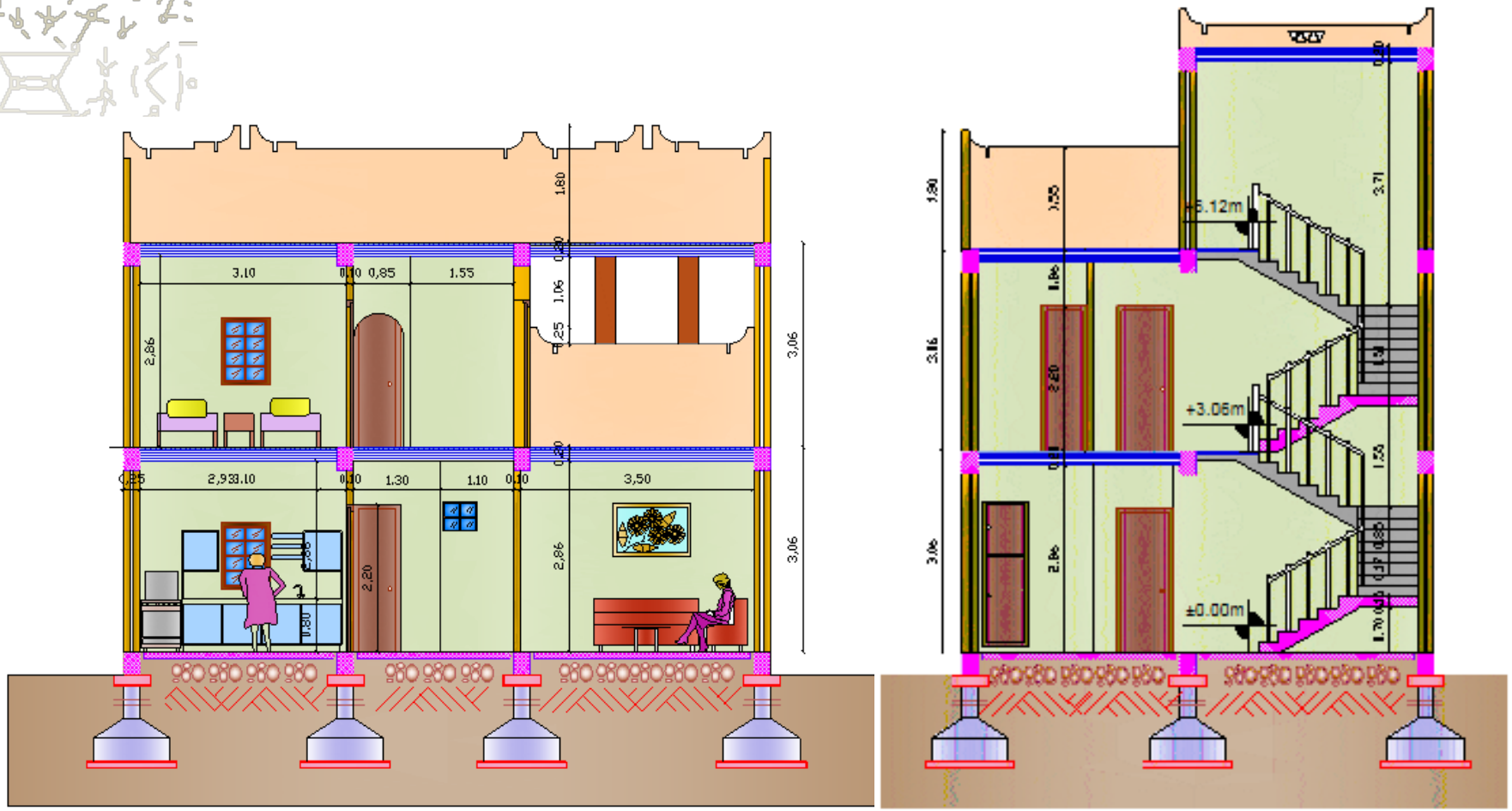


Figure 28: Plan descriptif. Coupe longitudinale.

Merci de votre
attention