

DIM_SOL: UN LOGICIEL DE DIMENSIONNEMENT D'INSTALLATIONS SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES

C. LISHOU, R. ADJAKOU, N. DIEYE, A. CORENTHIN
LER-GROUPE DE TRAITEMENTS INFORMATIQUES J.E.R. AUPELF-UREF N° 6003
Ecole Supérieure Polytechnique B.P.: 5085 Dakar-Fann (Sénégal)

Mots clés: - *Dimensionnement dynamique - Concepts objets - Simulation - Systèmes photovoltaïques*

Résumé - Cet article présente un logiciel de dimensionnement d'installations photovoltaïques développé en utilisant les concepts objets tant au niveau de l'analyse fonctionnelle que dans la programmation réalisée sous l'environnement Windows. Il trouve un intérêt eu égard aux coûts élevés des investissements relatifs à de telles installations.

Une approche dynamique a été utilisée pour l'intégration des modèles pris en compte par le logiciel.

Abstract - This article presents a sizing software of photovoltaic installations developed by using concept objects both at the level of the functional analysis and in the programming realized under the Windows environment. It is interesting with regards to the high costs of investments relative to such installations.

A dynamic approach has been used for the integration of the models taken into account by the software.

I- Objectifs

Les pays du tiers-monde sont confrontés à un problème énergétique fortement ressenti dans les zones rurales à faible densité de population [1]. Ces problèmes sont essentiellement liés aux coûts élevés des installations électriques.

Les pays d'Afrique situés dans la région sahélienne où l'ensoleillement est abondant trouvent une solution dans la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique.

Pendant, cette conversion coûteuse constitue un frein au plein essor de cette énergie naturelle.

Dans ce contexte, un outil assez précis permettant une optimisation des coûts d'installation trouve sa signification. Un dimensionnement judicieux, prenant en compte les paramètres météorologiques du site d'implantation ainsi que les caractéristiques électriques de la charge, favoriserait une réduction des coûts d'investissement et le bon fonctionnement des éléments de l'installation.[2],[3],[4]

Le logiciel DIM_SOL présenté dans cet article est un outil de dimensionnement dynamique d'installations photovoltaïques. Les photopiles et la batterie représentant à eux seuls plus de 80% des investissements, l'application permet à partir des fonctions de transfert des équipements dont dispose l'utilisateur:

- d'indiquer le nombre de modules nécessaires et la façon dont il faut les associer (couplage) pour répondre au cahier des charges,
- de calculer la capacité des batteries d'accumulateurs.

II- Etude préalable et Analyse conceptuelle

La trajectoire de la Terre autour du soleil n'est pas circulaire mais elliptique. Durant son mouvement de révolution, la Terre se trouve donc plus proche ou plus éloignée du soleil suivant des périodes de l'année. A cette révolution de notre planète, il faut ajouter son processus de

rotation quotidienne pour comprendre les énormes fluctuations de la distance entre la Terre et le soleil [5]. Il en résulte une inégale répartition du rayonnement solaire sur la surface terrestre.

L'estimation du gisement solaire d'un site passe alors par la connaissance de ses coordonnées géographiques (longitude et latitude), la déclinaison, l'azimut et la hauteur du soleil afin de déterminer les temps soleil vrais correspondant aux heures de lever et de coucher de l'astre [2],[6] d'une part et du maximum saisonnier du rayonnement global sur le site considéré d'autre part. Autant de raisons pour lesquelles une procédure de dimensionnement passe par une phase de caractérisation du site.

Un projet d'implantation de système solaire fait suite à une requête énergétique. C'est pourquoi l'expression détaillée du cahier des charges auquel devra répondre ledit système constitue une des conclusions de notre analyse.

De nombreuses études sur les systèmes photovoltaïques ont montré que le générateur et la charge sont connectés à travers un dispositif de couplage que nous désignerons sous l'appellation de modèle de système.

Notre analyse portera sur les trois points suivants:

- 1- Indication du site d'implantation du système à dimensionner,
- 2- Définition des besoins énergétiques des consommateurs,
- 3- Spécification du modèle de système.

Le recours aux concepts objets se justifie par la mise en place d'outils performants que nous permet ce type de programmation:[7]

- abstraction des données: nul besoin de connaître la structure des données; les modifications des champs sont réalisées par l'objet lui-même à la suite de la réception de messages appropriés,
- modularité et modifiabilité: il est facile de changer la définition des objets avec un minimum d'interaction sur les autres objets,
- réutilisabilité: un objet étant défini par son comportement, grâce à une interface explicite, il est facile de l'inclure dans une bibliothèque que tout programmeur peut utiliser ensuite par instanciation et héritage,
- lisibilité et compréhensibilité: l'encapsulation, l'héritage et la modularité renforcent la lisibilité des programmes et facilitent leur maintenance.

III- Développement logiciel

Description sommaire

Le logiciel DIM_SOL qui en est à sa première version a été développé avec le langage de programmation Turbo Pascal dans l'environnement Windows et repose sur les principes d'une programmation modulaire et orientée objets.

En exploitant les ressources graphiques de Windows, l'interface avec l'utilisateur a été réalisée au moyen de boîtes de dialogue éditées par Resource Workshop qui assurent une manipulation intuitive et conviviale du logiciel.

Une barre d'état renseigne sur les actions à effectuer et permet même à un non initié en énergétique de tirer pleinement profit de l'outil.

Pour atteindre les objectifs précités, l'analyse organique a conduit à la démarche suivante:

- 1- Indiquer le site d'implantation du système à dimensionner. Ce choix peut se faire par l'intermédiaire de cartes géographiques énergétiques ou d'une liste de noms de villes,
- 2- Spécifier un modèle de système,
- 3- Saisir les données relatives à chaque élément constitutif du modèle choisi. Pour les modules par exemple, il s'agit d'indiquer les données du constructeur (tension et puissance crête par module),
- 4- Demander un calcul de dimensionnement relatif aux données saisies.

Un rapport est généré après les calculs. Il contient le rappel des caractéristiques et données déclarées par l'utilisateur ainsi que les résultats obtenus. Ce rapport peut être sauvegardé sur support magnétique (FICHIER /ENREGISTRER SOUS) ou sur papier (FICHIER /IMPRIMER).

Cette progression est proposée dès le lancement du logiciel et est également respectée grâce à l'option-menu "FICHIER /NOUVEAU DIMENSIONNEMENT".

Sites programmés

Dans le calcul du dimensionnement, la puissance crête des modules a été affectée d'un coefficient de correction tenant compte des éléments suivants: [8]

- incertitudes météorologiques,
- dispersion sur les caractéristiques des modules,
- pertes dues au dépôt de poussières,
- vieillissement sur cinq (5) ans.

Avec le logiciel DIM_SOL, il suffit d'indiquer le lieu d'installation pour que ce coefficient de correction soit pris en compte.

Afin de garder un caractère universel, DIM_SOL prend en compte tous les sites d'implantation possibles. En effet, d'orient en occident, l'utilisateur pourra indiquer le site au moyen:

- de cartes géographiques
- ou d'une liste de noms de villes.

Indications par cartes

Le choix porte sur six (6) cartes découpées en zones énergétiques et représentant des parties du monde. Il s'agit des cartes:

- d'Afrique,
- d'Amérique du nord,
- d'Amérique du sud,
- d'Europe,
- d'Extrême-Orient,
- du Moyen-Orient.

Ces cartes [8], passées sous scanner, ont été récupérées et traitées sous PaintBrush (accessoire de dessin livré avec Windows) puis intégrées dans les ressources du logiciel.

Les ressources sont les données qui définissent les parties visibles d'un programme Windows (une boîte de dialogue, un menu, un bouton personnalisé, etc...)[9].

Le traitement a essentiellement consisté à colorier les cartes par zones énergétiques. Les couleurs choisies sont celles qui ne présentent aucune nuance comme le font les couleurs pastel par exemple.

Il appartient à l'utilisateur d'indiquer la zone dans laquelle est localisé le lieu d'implantation par un clic.

Pour faciliter son choix, la carte d'Afrique est choisie par défaut avec le coefficient de correction de la zone sahélienne où se trouve la ville de Dakar.

La figure 1 montre la carte d'Afrique telle qu'elle est intégrée dans DIM_SOL.

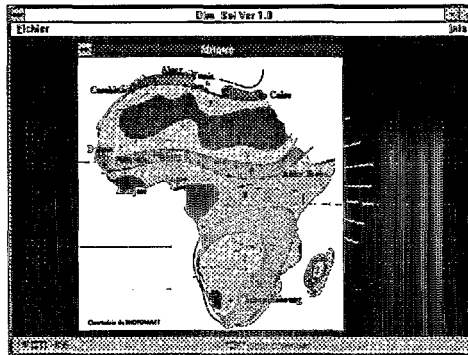


figure 1: Division de l'Afrique en zones énergétiques

Indication par villes

Cette option est proposée pour l'utilisateur qui a des notions relativement limitées de géographie.

Une liste de noms de villes permet d'indiquer le lieu où l'on désire réaliser une installation photovoltaïque. Toutefois cette liste n'est pas exhaustive car conçue selon l'importance démographique des villes par continent.

Le logiciel ne prend pas en compte les noms de villes saisis par l'opérateur. Ainsi, lorsque le nom de la localité considérée ne figure pas dans cette liste, l'opérateur est réduit à indiquer son site par le biais des cartes.

La figure 2 montre partiellement la liste des villes gérées par DIM_SOL où le site de Dakar a été choisi par défaut.



figure 2: Quelques villes gérées par DIM_SOL

Les divers objets permettant d'indiquer le site d'implantation (cartes, liste de noms de villes) sont intégrés dans une librairie à lien dynamique (DLL). La conséquence est la réduction de la taille du fichier exécutable.

Modèles programmés

Plusieurs modèles de couplage du générateur à la charge ont été déjà expérimentés. Parmi ceux-ci, on distingue des modèles spécifiques dédiés au dessalement des eaux ou à l'exhaure de l'eau [10].

Parmi les modèles classiques, six (6) ont été retenus:

- couplage direct,
- couplage au fil du soleil,
- couplage avec connexion à un réseau alternatif,
- couplage pour systèmes décentralisés,
- couplage avec des sources hybrides,
- couplage avec une batterie de stockage.

Lorsque le modèle est choisi, une boîte de dialogue représentant son synoptique apparaît. Le choix définitif s'obtient après confirmation de l'opérateur.

La figure 3 montre un synoptique de modèle permettant à l'utilisateur de confirmer son choix.

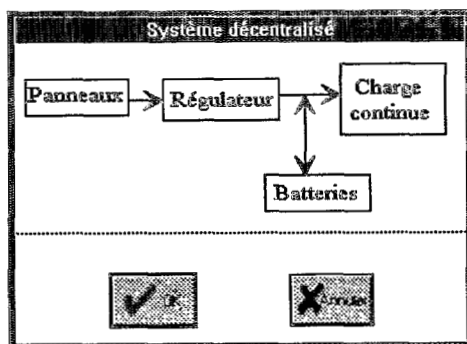


figure 3: Vue synoptique avant validation du modèle choisi

Objets programmés

Le choix du modèle étant approuvé, une boîte de dialogue représentant le système apparaît (figure 4). L'utilisateur est alors invité à saisir séquentiellement les données relatives à chaque élément constituant le système.

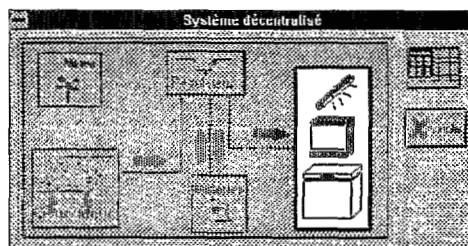


figure 4: Boîte de dialogue pour activation des objets constituant un système

Chaque élément est considéré comme un objet. L'activation d'un objet permet de saisir les données relatives à l'élément correspondant par l'intermédiaire d'une boîte de dialogue.

Nous présentons ici un aperçu des spécificités des objets programmés.

- Les récepteurs

Les récepteurs sont d'autant plus importants que la conception d'un système solaire photovoltaïque nécessite une parfaite connaissance des caractéristiques électriques des applications. Ils sont de type continu et/ou alternatif et constituent la charge à alimenter.

Les données saisies sont:

- la dénomination du récepteur,
- la puissance instantanée telle qu'elle est indiquée sur la plaque signalétique des appareils,
- le nombre de récepteurs ayant la même plaque signalétique,
- le nombre d'heures d'utilisation pendant le jour,
- le nombre d'heures d'utilisation, la nuit.

La figure 5 montre la boîte de dialogue relative aux données des récepteurs

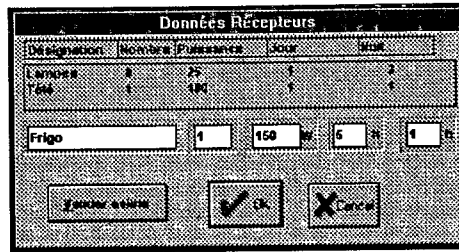


figure 5: Saisie données récepteurs

- *La batterie d'accumulateurs*

L'utilisateur indique la tension nominale de la batterie dont il dispose ainsi que le nombre de jours d'autonomie souhaitée.

- *Le régulateur de charge*

Il assure les conditions requises pour la charge et la décharge de la batterie. De ces conditions dépendent la durée de vie, le bon fonctionnement, et le rendement de la batterie. Toutefois, son utilisation entraîne une légère perte de puissance.

La donnée à saisir dans ce mode rend compte des pertes.

- *Les modules*

Ce sont des cellules assemblées de façon à avoir une puissance crête et une tension de fonctionnement significatives. Ces informations sont fournies par le constructeur. L'activation de cet objet permet à l'utilisateur de saisir les informations relatives aux caractéristiques des modules retenus. Le générateur est une association série/parallèle de modules.

- *Le réseau alternatif*

Dans ce mode, le système échange de l'énergie avec le réseau alternatif basse tension.

Cet objet est mis en œuvre dans le modèle de couplage au réseau. Lorsqu'il est activé, l'opérateur peut entrer la puissance échangée.

- *Les appoints*

Ils interviennent uniquement au niveau des systèmes hybrides (diesel, thermique, éolien).

Dans ce mode, le paramètre à indiquer est la puissance d'appoint fournie.

- *Le hacheur et l'onduleur*

Le générateur peut avoir des caractéristiques électriques qui présentent des incompatibilités de couplage avec les applications (valeur et/ou type continu ou alternatif de la tension d'alimentation par exemple). Pour cette raison, il est nécessaire d'insérer un convertisseur continu-continu (hacheur), ou un convertisseur continu-alternatif (onduleur).

Lorsque l'un de ces objets est activé, il est demandé à l'utilisateur d'indiquer le rendement, les tensions d'entrée et de sortie de l'élément correspondant.

- *Paramètres météorologiques*

Il s'agit essentiellement ici des températures observées sur le site d'implantation.

Des paramètres par défaut sont attribués aux champs des divers objets permettant ainsi au non initié de se familiariser avec le logiciel et d'en comprendre les fonctionnalités.

La figure 6 représente un graphe de modélisation des objets relatifs à un système de type décentralisé. Ce graphe met en relief l'ensemble des interactions.

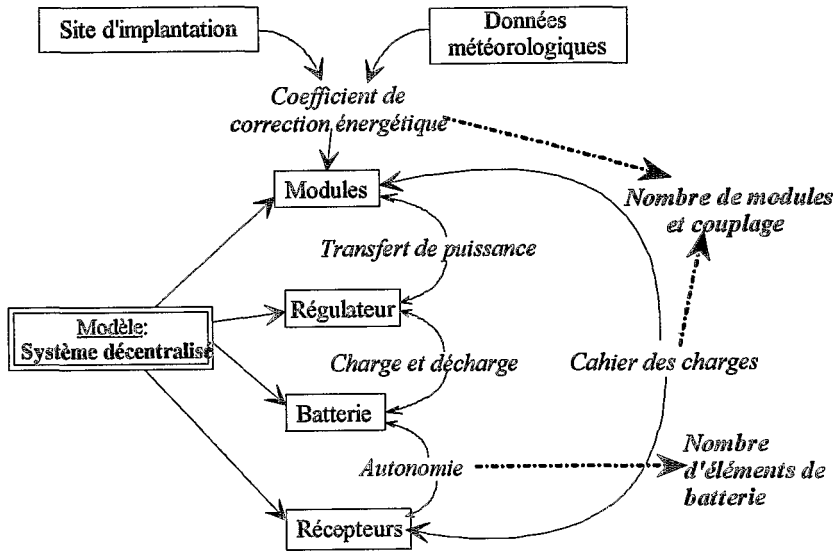


Figure 6: Interactions des objets dans le modèle du système décentralisé

Suite aux saisies, l'opérateur demande les calculs de dimensionnement. Le rapport généré après ces calculs est montré sur la figure 7.

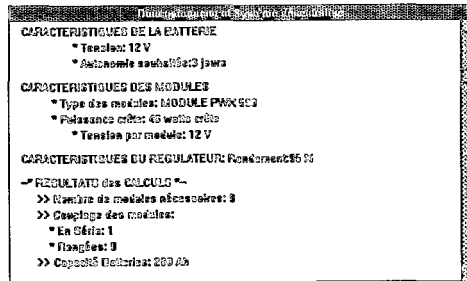


Figure 7: Rapport de dimensionnement.

IV- Perspectives

Le logiciel présenté dans cet article est à sa première version et les perspectives envisagées sont multiples.

La liaison avec un logiciel de simulation du modèle dimensionné permettra de valider l'ensemble des calculs. Cette liaison se fera par Echanges Dynamiques de Données (DDE). De la sorte, si la simulation ne répond pas aux attentes de l'utilisateur, celui-ci pourra revenir dans DIM_SOL afin de modifier les paramètres d'entrée. Une succession d'échanges de données entre les logiciels de dimensionnement d'une part et de simulation d'autre part permettra de se rapprocher du comportement réel de l'installation. Il sera alors possible de prévoir plusieurs scénarios de fonctionnement suivant les aléas météorologiques et les modèles mathématiques des équipements (fonctions de transfert par exemple) mais également des profils de charge [11].

Les fonctionnalités du logiciel ainsi que son intégration avec une application de simulation sont présentées sur la figure 8.

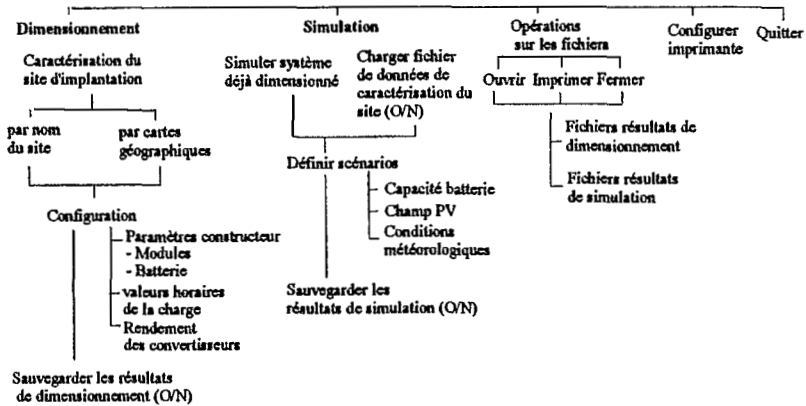


figure 8: Diagramme fonctionnel de DIM_SOL et intégration avec la simulation logicielle

L'élaboration d'une option d'aide et d'informations permettra de construire un outil didactique conséquent qui pourrait être disponible sur les autoroutes de l'information. Ce système d'information renfermerait en plus des renseignements généraux sur les énergies renouvelables.

Une amélioration de la convivialité du logiciel est prévue. L'utilisateur n'aura plus à saisir des données. Il indiquera les références de son matériel pour que les données constructeur soient prises en compte: il s'agira donc de mettre en œuvre une base de données enrichissable pour les modules, les villes, les batteries, les onduleurs et hacheurs, etc...

V- Conclusion

Tant dans le domaine de l'intelligence artificielle que dans celui du génie logiciel, les langages à objets connaissent un succès croissant. Ils constituent sans doute à l'heure actuelle la solution la plus souple et la plus prometteuse pour le développeur.[7]

Par rapport aux perspectives envisagées il nous paraît plus judicieux de désigner le logiciel DIM_SOL comme un outil de pré-dimensionnement d'installations solaires photovoltaïques. Les résultats qu'il fournit ne seront validés qu'après une simulation logicielle. Des travaux sont déjà en cours pour la réalisation de scénario utilisant 144 points (6 mesures/heure/jour).[12]

Nous espérons que le logiciel présenté dans cet article constituera un outil de travail précieux pour les utilisateurs qui pensent comme nous que les énergies renouvelables représentent l'unique solution aux problèmes énergétiques rencontrés dans les zones rurales et régions isolées.

VI- Bibliographie

- [1] C. LISHOU, N. DIEYE, P.ROUAN, L. PROTIN; "Software Simulation of Renewable Energy Power Plant on the Site of Dakar"; ISES Solar World Congress; September 11-15 1995; Harare Zimbabwe.

- [2] N. DIEYE, C. LISHOU, L. PROTIN, G. SOW; "Real Time Management of a Micro-Power Station in a Multiprocessor Environment"; Ninth E.C. Photovoltaic Solar Energy Conference; September 24-29 1989; Munich F.R. of Germany.
- [3] N. DIEYE; "Contribution à la Réalisation d'une Microcentrale Multigénérateurs Eoliens et Photovoltaïques - Simulation du Fonctionnement et Gestion en Temps Réel de l'Energie par Calculateurs dans un Environnement Multiprocesseurs"; Thèse de Doctorat, Dakar, 1990
- [4] C. LISHOU; "Optimisation en Temps Réel du Fonctionnement du Générateur Photovoltaïque d'une Microcentrale Energétique et Gestion du Transfert d'Energie par Processeurs Spécialisés"; Thèse de Doctorat, Dakar, 1987.
- [5] Organisation Météorologique Mondiale "Aspects Météorologiques de l'Utilisation du Rayonnement Solaire comme Source d'Energie" Note technique N°12; 1987
- [6] R. BERNARD, G. MENGUY, M. SCHWARTZ "Le Rayonnement Solaire, principes et applications"; Technique et documentation; 1979
- [7] G. MASINI, A. NAPOLI, D. COLNET, D. LEONARD, K. TOMBRE "Les Langages à Objets"; InterEditions; 1989, 1990.
- [8] "PHOTOWATT International" Guide 1992-1993
- [9] Borland International "Resource Workshop, Guide de l'utilisateur", 1994.
- [10] F. LASNIER et T. ANG; "Photovoltaic Engineering Handbook"; Ed Adam Higler, 1990.
- [11] C. LISHOU, N. DIEYE, G. SOW, L. PROTIN; "Real Time Simulation of an Energy Micro-Station on Micro Computer"; ISES Solar World Congress; September 4-8 1989; Kobe Japan.
- [12] B. MANPASSI, R. ADJAKOU, C. LISHOU, L. PROTIN; "Discrete Simulation of a Renewable Energy System: Application to the Daily Consumption Optimization"; 14th IASTED MSO'96; 6-9 Mai 1996; Gold Coast Australie.