



CRED : un outil d'aide à la décision pour le design  
de structures de protection des côtes

*Carole Pavaut*

*Ingénieur d'Etudes*

*SIREHNA - Immeuble Atlanpole - 1 Rue de la Noé*

*44071 NANTES CEDEX 03*

*René Bonnefille*

*Consultant Hydraulique Maritime*

*107 Chemin du Baric*

*06140 VENCE*

Résumé :

L'outil informatique présenté dans cet article vise à apporter à l'utilisateur un support d'aide à la décision dans la définition de structures de protection du littoral. Le développement du logiciel est basé sur la représentation de bases de connaissance inspirée des technologies du système expert.

Un prototype a été développé dans le cadre d'un Programme Européen SPRINT en partenariat avec la Grèce, l'Angleterre, le Danemark et la Hollande.

### 1 - Introduction

Le domaine du génie côtier est un secteur spécifique où l'expérience et le savoir-faire ont une part importante. Ces informations peuvent se trouver de façon disséminée dans la littérature mais sont le plus souvent non écrites. L'intérêt du projet est donc dans un premier temps de rassembler ces connaissances au sein d'un outil convivial qui pourra être réactualisé régulièrement.

Le prototype a été mis au point et testé pour le cas du design de structures de protection des côtes du type "Revêtements".

La structure du logiciel permet d'étendre facilement les domaines d'application du système à d'autres cas que le revêtement.

L'objectif principal est de fournir à l'utilisateur un outil permettant d'évaluer rapidement une solution et de faciliter la comparaison de plusieurs projets sur les plans technique et économique.

Le logiciel baptisé CRED, "Coastal Revetment Expert Design", intègre des règles expertes traduisant les étapes décisives dans l'élaboration d'un projet côtier, au stade de l'avant-projet sommaire. Pour cela, l'expérience et le savoir-faire d'experts et de spécialistes en génie côtier ont été collectés puis "modélisés" dans le système.

Cet article présente l'approche suivie pour le développement du logiciel, sa structure et des exemples d'application.

## 2 - Développement du système - Approche technique

Le système est constitué de boîtes de dialogue correspondant chacune à un problème spécifique. Un ensemble de boîtes a ainsi été bâti, correspondant à la décomposition des étapes suivies pour élaborer un avant-projet de structure côtière, depuis les données descriptives du site à protéger jusqu'à l'évaluation du coût.

Les liaisons entre les "boîtes" représentent le cheminement du raisonnement couramment adopté par l'expert.

Chaque module a une fonction spécifique : un module pour la définition des données de houle, un pour la nature du sol, un pour fournir des éléments sur les infrastructures existant sur le site, un pour la sélection des matériaux constituant le revêtement, ... Une cinquantaine de modules ont ainsi été codifiés.

Pour faire évoluer le système, on peut modifier les modules, en créer de nouveaux, créer de nouveaux liens entre modules.

Pour certains calculs (réfraction de la houle), le prototype peut faire appel à des logiciels externes au système.

On présente ci-après la structure du prototype et la définition des modules.

## 3 - Décomposition

Le développement des modules est basé sur une décomposition détaillée de la procédure de design appliquée couramment en ingénierie côtière. Cinq étapes principales ont été identifiées :

- . définition du problème et description du site,
- . analyse et traitement des données,
- . sélection du type de solution, prise en compte des contraintes,
- . développement de la solution : avant-projet sommaire,
- . évaluation, comparaison et sélection.

Chacune de ces étapes est elle-même décomposée en phases élémentaires qui correspondent aux modules.

### 3.1 - Définition du problème et description du site

La première étape consiste à expliciter le problème, décrire le site concerné et l'impact sur l'environnement. Le prototype est appliqué aux problèmes d'érosion :

- . de quel type d'érosion s'agit-il : plage, falaise, ...,
- . site à protéger : route, voie ferrée, maisons, ...,
- . dimensions du site.

Ensuite, on cherchera à définir le niveau de protection souhaité. De nombreux paramètres peuvent influencer ce niveau de protection, tant sur les plans physique et économique que politique : risque d'inondation, nature des structures à protéger : champ, route, hôtel, centrale nucléaire, site archéologique, législation en vigueur, ...

Ces facteurs seront enregistrés et seront pris en compte dans le développement et l'évaluation des différentes solutions proposées par le système.

### 3.2 - Traitement des données

L'étape suivante consiste à collecter et analyser les données importantes qui permettent de définir correctement le problème et de proposer une solution.

Ces données concernent généralement :

- . les hauteurs d'eau,
- . les caractéristiques de la houle,
- . les courants,
- . le vent,
- . la bathymétrie,
- . les données géotechniques,

auxquelles peuvent s'ajouter les facteurs économiques et sociaux.

Elles peuvent être issues de mesures sur site, d'essais sur modèles ou de résultats numériques.

Ces informations sont enregistrées puis éventuellement traitées à l'aide d'outils numériques intégrés ou interfacés.

### 3.3 - Sélection du type de solution

Le système actuel permet le calcul de structures du type revêtement.

Cela signifie que l'utilisateur a déjà orienté son choix vers le revêtement et que le logiciel permettra :

- . de valider ce choix,
- . de définir les caractéristiques principales de la structure,
- . de comparer plusieurs solutions,
- . de sélectionner la solution retenue en fonction de son impact sur l'environnement, et de son coût.

La durée du projet n'a pas permis d'intégrer d'autres familles de structures de protection des côtes (brise-lames, épis, ...) mais le logiciel est conçu de façon à permettre des extensions ultérieures.

### **3.4 - Développement de la solution**

Le logiciel permet de définir les caractéristiques principales de la structure en fonction du problème, du site, des matériaux disponibles, ...

Dans le cas du revêtement, on s'intéressera à la forme du profil et au choix des matériaux.

Dans un premier temps, des critères relativement simples sont utilisés pour supprimer les solutions non adéquates.

Valeurs de hauteur maximale de la pente, forme du revêtement sont évaluées à partir du niveau de protection recherché par rapport à la hauteur d'eau extrême prise en compte. Puis, ces informations sont affinées en prenant en compte plusieurs niveaux d'eau en analysant l'impact sur l'environnement.

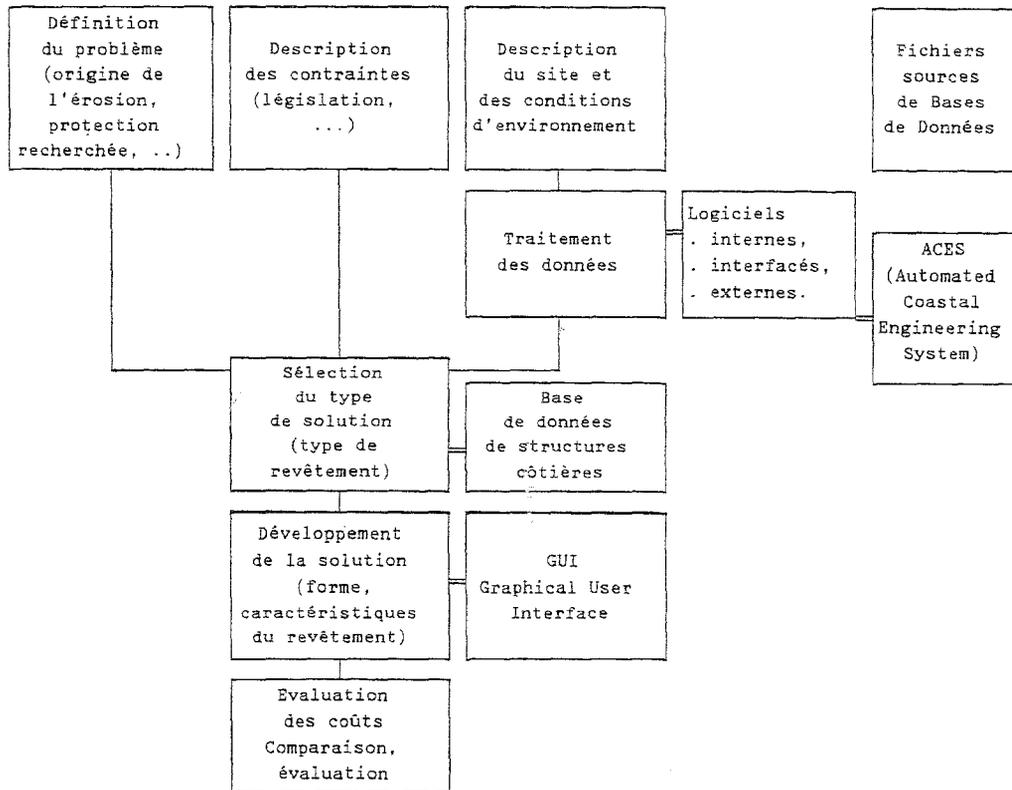
Le logiciel propose ensuite différents types de matériaux constituant le coeur et la carapace du revêtement en fonction des caractéristiques de perméabilité et de stabilité.

De façon à alléger le système, ce dernier comporte une base de données dans laquelle sont stockés des "revêtements standards". Cette approche permet à l'utilisateur de mémoriser de nombreux types de revêtement dans la base de données et de la mettre à jour régulièrement.

### **3.5 - Evaluation, comparaison et sélection**

La dernière étape consiste à comparer les différentes solutions proposées par le système en fonction de leur impact, de leur durée de vie et de leur coût englobant les coûts de réalisation et de maintenance.

4 - Illustration de la structure du système



5 - Structure d'un module

- A chaque module correspond une fenêtre de dialogue indiquant :
- . les données enregistrées et/ou traitées dans le module, entrées automatiquement ou manuellement par l'utilisateur,
  - . les liens avec les autres modules,
  - . les tâches effectuées par le module (applications de règles, calculs numériques pour déterminer les paramètres inclus dans le module concerné),
  - . les interfaces avec des outils ou logiciels (calcul de réfraction, appel de base de données, ...).

6 - Conclusion

Le développement de ce prototype réalisé dans le cadre d'un projet européen a permis d'appréhender les techniques de modélisation de bases de connaissances appliquée à un domaine complexe, le génie



**Beach Profile Management**

Beach Profile ID: Profile Test

Note: Test for the determination of offshore and nearshore points.

Profile Data: (m)

X	Z
0.0	1.0
1.0	0.8
3.0	0.5

Buttons: Insert line, Append line, Delete line

Buttons: Create, Delete, Cancel, Validate

**Offshore Wave Conditions**

Extreme Offshore Wave Conditions Number: [dropdown]

Offshore Conditions:

- Wave Direction (Crest Angle): 0 (°)
- Typical Wave Steepness: 0.055556
- Significant Wave Height: 2 (m)
- Significant Wave Period: 4.8018 (s)

Nearshore Conditions:

- Return Period: 100 (years)
- Probability of Occurrence during Design Life: 0.52763
- Fetch Length: Infinite (km)
- Storm Duration: 48 (hours)

Buttons: Add, Purge, Cancel, Ok

**Longshore transport analysis**

Within 10 km from the site, are there:

- One or several river mouth(s)
  - Are the river inlets normal to the shoreline
  - Does any river flow parallel to the shoreline prior to flow in the sea
- One barrier beach cut by a river
- Lagoon or pond backward the coastline
  - Are their outlets to sea periodically sealed off
- One sand or pebble spit
- One or several groynes
- Other transvers structures as jetties, inlet stabilisation works or headlands
  - Beach accretion or erosion observed besides these structures
    - Very clear sign of erosion
    - Very clear sign of accretion

Buttons: Cancel, Ok

**Design Wave Conditions**

The System advises to use : Extreme Offshore Wave Conditions number 2

Offshore Conditions:

- Extreme Offshore Wave Conditions number: 2
- Wave Direction: 5 (°)
- Wave Height: 2 (m)
- Wave Period: 4.8 (s)
- Return Period: 100 (years)
- Storm Duration: 48 (hours)

Nearshore Conditions:

- Design Maximum Water Level: 10 (m)
- Nearshore Point Depth: -3 (m)
- Wave Direction: 3.69 (°)
- Wave Height: 1.85 (m)
- Wave Period: 4.2368 (s)

Buttons: Cancel, Ok

**ACES Modules**

Wind speed adjustment and wave growth

After ACES launch, please do :

Then, activate the following menus :

- F1 Wave Prediction
- F1 Winspace Adjustment and Wave Growth and run same application for new wave directions.

You are in the selected application. Fill the green areas and use the function keys as displayed on the screen.

Don't forget to note the output :

Wave Height (Hm) and Peak Wave Period (Tp)

Buttons: Run ACES, End

Figure 2 - Exemples de modules

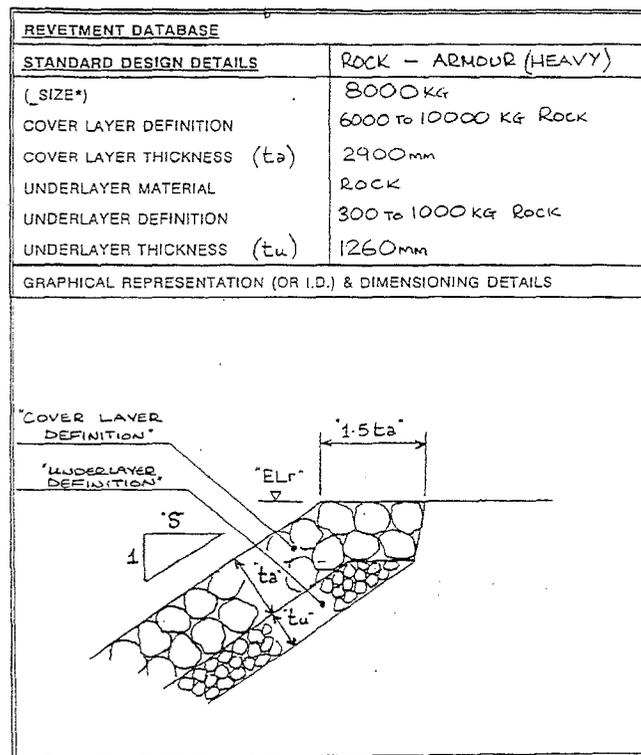
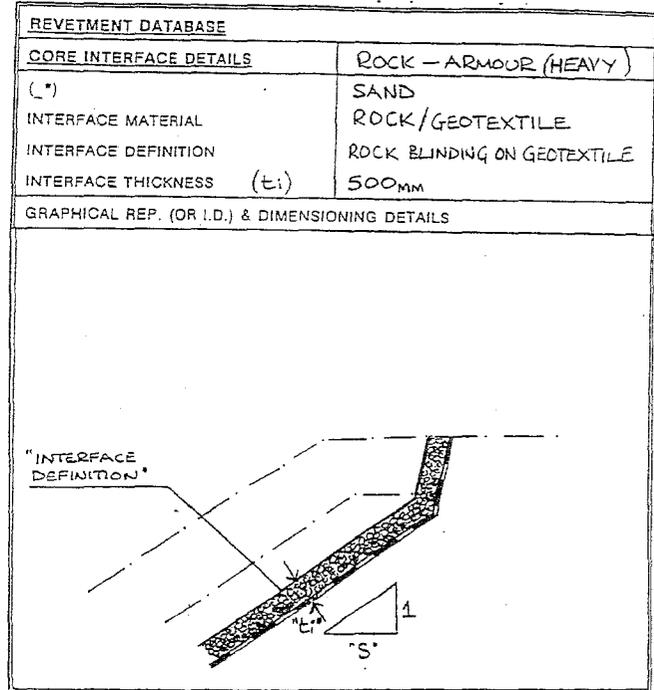
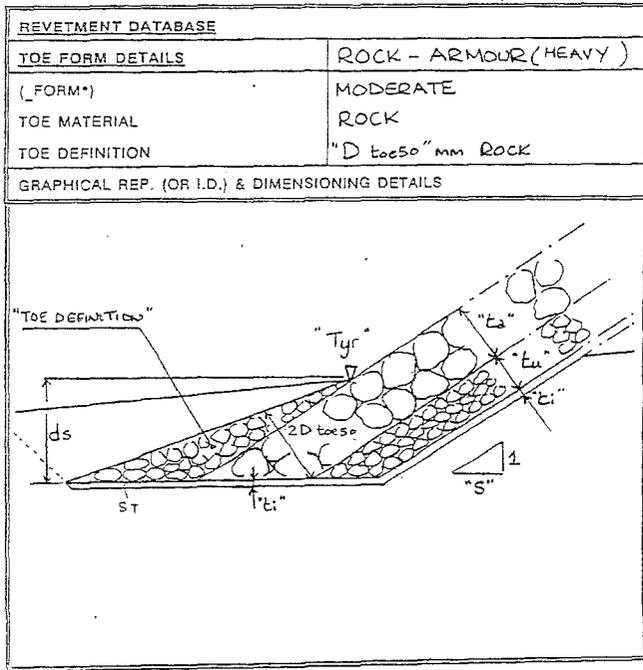


Figure 3 - Illustration de la base de données de structures de protection des côtes