Un système automatisé de collecte et de traitement des données nivométéorologiques

An automated collection and processing system for snow surveying data

P. Castets, E. Devillaz J.L. Dumas,
J.P. Mac Veigh, D. Marbouty, E. Pougatch

Centre d'étude de la neige, Saint Martin d'Hères

Le Centre d'études de la neige (CEN) dans le cadre de la prévision du risque d'avalanche, a développé sur SOLAR 16.65 (SEMS), une application temps réel nommée AIPRA (Assistance informatisée pour la prévision du risque d'avalanche).

Cette application, qui ne se substitue pas au prévisionniste, lui fournit de façon interactive et en temps réel, les données nécessaires à sa prévision, sous forme de tableaux, graphiques, cartes élaborées, etc.

AIPRA, écrite en 1983, sera testée durant la campagne hivernale 83-84 et permettra ensuite le fonctionnement de modèles d'aide à la prévision et le développement d'une climatologie de la neige.

La prévision du risque d'avalanche :

Les moyens classiques

La prévision du risque d'avalanche est une des missions du Centre d'études de la neige. Une équipe d'ingénieurs des travaux et de techniciens de la Météorologie nationale a pour tâche durant la campagne nivologique d'établir une prévision, diffusée par bulletins journaliers, pour chaque massif français.

Cette équipe dispose à cet effet de nombreux outils :

- un réseau d'une centaine de postes transmettant 2 fois par jour une observation nivologique, ainsi qu'un sondage de battage hebdomadaire,
- les observations, les prévisions et les résultats des modèles de la Météorologie nationale;
- les résultats des modèles du CEN;
- les bulletins des stations automatiques d'altitude « NIVOSE ».

A partir de l'ensemble de ces données, un travail considérable est réalisé pour chaque poste :

- pointage des principaux paramètres des obs. nivologiques sur des panneaux muraux;
- pointage et montée des sondages de battage;
- pointage de tableaux (historiques sur 7 jours des paramètres nivo et météo);
- élaboration sur fond de cartes, pour une région, d'isohyètes, calcul de cumuls, etc.

L'ensemble de ce travail débouche sur une connaissance des conditions nivologiques sur les massifs français, puis sur une prévision d'un risque d'avalanche.

Cependant cet environnement « archaïque » devient pénalisant et compromet l'amélioration de cette prévision.

Ainsi plusieurs modèles, mis au point au CEN, n'ont jamais tourné de façon efficace en temps réel.

Le projet

Face à cette situation, la solution du type automatisation de la collecte des observations fut retenue plutôt que l'augmentation des moyens en personnel. Différents essais, limités dans le temps, permirent de vérifier la faisabilité d'une assistance automatisée à la prévision du risque d'avalanche.

L'application temps réel AIPRA (assistance informatisée pour la prévision du risque d'avalanche) a donc été analysée puis écrite autour de quatre grandes phases :

- acquisition et vérification en temps réel des observations nivologiques;
- mise en forme de ces données et calcul de paramètres élaborés;
- réalisation sur commande de tableaux, cartes et graphiques;
- constitution d'un fichier « neige ».

La réalisation d'une telle application impliquait des moyens informatiques nouveaux au centre de calcul du CEN, et un équipement de la salle de prévision par des périphériques simples et silencieux.

Le centre de calcul

L'ordinateur du CEN est un Solar 16.65 SEMS, doté de 2 processeurs entrées/sorties en mode canal et de 320 K mots de mémoire. Sa puissance peut être estimée aux environs de 0,2 MIPS. Le logiciel MPES qui l'anime gère actuellement un batch local, un système temps réel et un temps partagé.

L'application AIPRA nécessite pour l'instant 170K de la mémoire; cet espace est découpé en 36 partitions, occupées par des tâches devant exécuter un certain nombre de fonctions. Ces tâches sont identifiées par un nom, un numéro, une priorité qui permet à MPES de gérer l'accès de chacune d'elles au CPU.

Une partition particulière, car accessible à toutes les tâches, appelée CDA (Common Data Area) sert à la fois de lieu d'échanges intertâches et de zone de sauvegarde de nombreux pointeurs de l'application.

L'ensemble des périphériques d'entrées/sorties est connecté au Solar via 4 coupleurs 4 voies : 2 MUXM (modem), 2 MUXP (liaison série V24 simplifiée). Ces E/S sont gérées par le driver SEMS : DRVASY.

Le nombre de fichiers et leur grande taille ont nécessité l'achat d'un disque CDC 300 Mo, les cartouches 2 x 5 Mo supportant le système et éventuellement une version dégradée de AIPRA. Le schéma joint en annexe 1 fournit une vue synoptique des moyens informatiques du CEN.

Equipement de la salle de prévision

Cet équipement est constitué de 4 consoles et d'une imprimante couleur. Le prévisionniste dispose d'une console GRESHAM sur laquelle il peut commander notamment la réalisation d'images couleur synthétisant des informations relatives au manteau neigeux, aux conditions nivométéorologiques, etc.; ces images seront, selon les besoins de l'utilisateur, éditées sur un écran couleur RAMTEK et (ou) sur l'imprimante 4 couleurs FACIT. Par commande ou automatiquement, 3 fonctions sont exécutées sur une 2^e console GRESHAM : correction des obs. nivo. défectueuses, introduction manuelle d'obs. non parvenue par le réseau TTY, introduction manuelle des sondages de battage.

Enfin une quatrième console, entièrement passive, permet au prévisionniste de visualiser l'arrivée des différents réseaux.

L'application temps réel « AIPRA »

L'acquisition des données

1. Le sélecteur de messages :

Entre les 2 lignes télégraphiques d'une part et le Solar d'autre part, un double dispositif a été installé :

- 2 boîtiers TELSAT 06R qui transforment les niveaux logiques (± 48 v) du circuit télégraphique en niveaux logiques (± 12 V) conformes aux normes Avis V24;
- un dispositif, conçu et réalisé au CEN, à base de microprocesseur 6802, qui filtre les bulletins, les transcode en Ascii, et les communique au Solar sur une seule voie à grande vitesse. Parallèlement à la sortie vers le calcula-

teur, une liaison entre le sélecteur de messages et un enregistreur de cassettes, permet une sauvegarde quotidienne de ces bulletins.

2. Acquisition, tri, écriture sur fichier

Les blocs de 252 octets transmis par le sélecteur de messages sont pris en compte par le Solar qui les charge directement en CDA, en flip-flop dans 2 buffers gérés par un pointeur. Cette gestion en bascule permet aux tâches d'acquisition, avant l'arrivée d'un autre bloc, d'effectuer en toute sécurité :

- une séparation des octets à partir de leur parité;
- un tri et une validation des bulletins selon leur en-tête;
- un formatage de ces bulletins;
- leur écriture sur l'un des fichiers bruts.

3. Les fichiers bruts

Chacun des 6 fichiers bruts correspond à un type de bulletins (obs. Nivo, obs. Météo, radiosondages, Nivose, points de grille et obs. en clair).

Ces fichiers sont à accès direct, gérés par des pointeurs d'écriture et lecture implantés en CDA, et sont dimensionnés pour accueillir 2 journées de bulletin. En cas de saturation d'un fichier, une gestion circulaire des pointeurs permet de recommencer en tête de celui-ci.

Un bulletin peut déborder sur plusieurs articles du fichier. Dans ce cas, un octet contenu dans la première ligne de chaque article, renseignera sur la longueur, en article, de ce bulletin.

Ces fichiers, étant bruts, doivent être impérativement traités avant leur exploitation pour des images, des modèles, des études statistiques...

Le traitement des données

1. Les données nivologiques

Le groupe de tâches chargé du traitement des obs. nivologiques, est activé dès que le pointeur d'écriture, en CDA, gérant le fichier brut, dépasse celui de lecture. Un article est alors lu et chacune de ses observations est testée selon 3 principaux critères :

- taille minimum de l'observation et des groupes la constituant;
- absence d'un groupe obligatoire;
- cohérence de certains paramètres entre eux.

L'observation valide est rangée dans un fichier direct annuel à l'adresse calculée à partir de la date du réseau et de l'appartenance ou non du poste aux Alpes.

En cas d'erreur détectée lors d'un test, une correction est demandée sur la console prévue à cet effet. Après sa correction, l'observation repasse dans le cycle de tests. A la fin du traitement de la dernière observation, le pointeur de lecture est incrémenté, et ce groupe de tâches redevient inactif. Une obs. peut-être saisie manuellement sur cette même console. Une fois rentrée, cette obs subit le même cycle de tests que celles arrivées automatiquement.

2. Le traitement des radiosondages

De la même manière que les obs. nivologiques, les radiosondages seront lus dans leur fichier brut, testés puis écrits sur un fichier glissant hebdomadaire.

3. Le traitement des données « Nivose »

A la fréquence de 6 à 8 fois par jour, les 7 stations automatiques d'altitude Nivose émettent, via le satellite ARGOS, des bulletins renseignant sur les conditions nivologiques de leur site respectif.

Ces bulletins, déjà validés par le centre de météo spatiale de Lannion, seront formatés et recopiés dans leur fichier annuel.

Tout comme le traitement des radiosondages, celui des bulletins Nivose n'est pas réalisé à ce jour.

4. Les sondages de battage

Les sondages de battage, effectués chaque semaine dans tous les postes du réseau nivologique, sont acheminés au CEN par télécopieur ou par courrier.

Leur saisie et leur traitement font l'objet d'une fonction spéciale réalisée sur la 2^e console GRESHAM. Ce traitement astreignant sera supprimé à moyen terme (voir plus loin : « Développements d'AIPRA »).

Les images et leur gestion

Le dialogue

Grâce à un ensemble de « menus » édités sur la console de dialogue, le prévisionniste construit le « nom » de l'image désirée; ces images restituant sous forme de tables, cartes, graphiques, des paramètres bruts ou calculés, constituent l'élément indispensable de l'assistance informatisée à la prévision. Le nom de l'image indique :

- le type parmi les sept images à étudier (cf. annexe 2);
- le(s) périphérique(s) d'édition;
- le ou les paramètres à analyser.

Les 6 caractères (maximum) alphanumériques constituent le nom de l'image pour l'utilisateur, mais aussi celui du fichier-disque associé à cette image.

Exemple : RM01H correspond à une image demandée sur la Ramtek (R), au type M de l'image (paramètres à étudier sur un massif), au massif 01 (Chablais), au paramètre H (hauteur totale de la neige pour chaque poste du massif).

Le fichier disque associé sera RM01H - TI.

La réalisation de l'image

A l'issue du dialogue, le nom de l'image est rangé en CDA. Une tâche dite « tâche mère » va lire ce nom, et va créer le fichier disque correspondant. Une « tâche fille » (une « fille » par type d'image) est activée par la tâche « mère » et prend sa place en mémoire. Elle y effectue un certain nombre d'opérations (calculs, tracés graphiques) aboutissant au remplissage du fichier disque précédemment créé par la « mère », avant de réactiver celle-ci et de lui libérer sa partition.

La tâche « mère » clôt le fichier réalisé et signale l'édition possible de ce dernier. Le nom de l'image est sauvegardée en CDA ainsi que la date (HH et MN) de sa réalisation.

L'édition des images

L'édition du fichier disque réalisé, est effectuée sans aucun traitement sur l'écran couleur Ramtek. La même opération sur l'imprimante couleur, nécessite une transformation de ce fichier image-vecteur en fichier-image de microlignes. Le fichier rastérisé réalisé, est alors éditable sur l'imprimante graphique.

Un traitement sur le nom de l'image permet en permanence de distinguer les images déjà éditées ou celles qui vont l'être. Ce traitement est effectué par une tâche qui gère l'ensemble des opérations à réaliser sur les images.

La gestion des images

Pour permettre une réédition immédiate, les images réalisées sont conservées en mémoire : on peut ainsi stocker 63 images RAMTEK et 15 images FACIT. Pour cela une tâche, pièce centrale de la phase imagerie assure la gestion de toutes les demandes, fabrications et éditions :

- à chaque demande elle vérifie d'abord si l'image demandée n'a pas déjà été réalisée;
- si cette vérification est négative, elle provoque la réalisation (activation de la tâche « mère-fille »);
- elle active les rastérisations et éditions nécessaires;
- pour cela elle dispose de six files circulaires en CDA :
 - liste des images en attente de réalisation (max 7),
 - liste des images vecteurs réalisées (max 63),
 - liste des images en attente d'édition RAMTEK (max 7),
 - liste des images en attente de rastérisation (max 7),
 - liste des images rastérisées disponibles (max 15),
 - liste des images en attente d'édition FACIT (max 7);
- les listes d'images disponibles sont tenues à jour : une procédure de péremption qui dépend du type d'image permet d'éliminer les images obsolètes. En particulier toutes les images sont détruites à minuit;
- à la demande, une image donnée ou un type d'image peut être éliminée de ces files;
- enfin cette tâche peut provoquer d'elle même la fabrication sans édition de certaines images à des heures données : cette facilité est utile pour les images systématiquement demandées qui sont alors obtenues sans attente.

Les modèles

Plusieurs types de modèles d'aide à la prévision des risques d'avalanches ont été développés au C.E.N. :

1. modèles statistiques de prévision de journée avalanchueuse : les prédictors sont des paramètres du réseau nivométéorologique.
2. modèles statistiques de répartition des précipitations sur les Alpes et les Pyrénées : les données sont des paramètres mesurés par le réseau météorologique synoptique.
3. modèles de prévision de précipitation par recherche de situations analogues : il utilise des grilles extraites des

analyses et prévisions du modèle de prévision SISYPHE du Service Central; ces grilles sont transmises chaque matin par télétype.

4. modèle GENEPI : il s'agit d'une version simplifiée du modèle PERCE NEIGE (modèle unidimensionnel d'évolution de la neige déposée) pouvant tourner avec les données d'un poste nivométéo (données quotidiennes et profils statigraphiques).

5. modèle MEPRA : Système expert au tout début de son développement, sur la prévision des risques d'avalanches.

Actuellement, seuls certains modèles de type 1, 2 et 3 tournent régulièrement du fait de la lourdeur des opérations d'introduction manuelle des données et de lancement du programme. C'est un des développements prévus d'AIPRA que de pouvoir les automatiser. Une tâche « mère » contrôlera l'arrivée des données et activera la tâche fille correspondant à un modèle dès que les données qui lui sont nécessaires seront au complet. L'image « résultat » sera ensuite insérée dans la liste des images disponibles et éditée.

Les autres modèles (4 et 5), pour lesquels un dialogue est nécessaire, seront lancés à la demande; le dialogue se déroulera sur la console du prévisionniste et les résultats successifs seront édités comme les précédents.

Sauvegardes, maintenances et contrôles sur AIPRA

Les sauvegardes des bulletins, des fichiers, des données

La sauvegarde quotidienne des bulletins par l'enregistreur de cassette a déjà été évoquée.

La sauvegarde totale de tous les fichiers d'AIPRA est exécutée à 23 h automatiquement et manuellement, sur bande magnétique, deux fois par semaine; sur simple commande, le prévisionniste peut demander une sauvegarde partielle concernant uniquement les 6 fichiers bruts.

Tous les matins, à 10 h 50, un listing comportant, pour chaque poste, l'historique des paramètres nivologiques, ainsi que divers cumuls, est sorti sur l'imprimante rapide du centre du calcul. Ces listings d'historiques, associés aux images éditées sur la FACIT 4544, permettent aux prévisionnistes de réaliser leur analyse avec le minimum de gêne, en cas d'arrêt prolongé d'AIPRA.

Les maintenances

Des procédures, simples à mettre en œuvre, permettent d'arrêter puis de relancer, l'application partiellement ou totalement, facilitant ainsi l'introduction de modifications dans le logiciel, une maintenance hard, une reprise sans initialisation après coupure secteur, etc.

Contrôles de l'application

Outre les commandes systèmes intégrées au logiciel MPES, le contrôle d'AIPRA peut être effectué par l'exa-

men de la CDA (évolution du fichier, des files de la phase imagerie, de l'état des tâches, etc.) et par celui des messages et comptes rendus d'erreur, systématiquement imprimés sur la ZIP 120, réservée pour tenir ce rôle de « journal de bord » de l'application.

Développements d'AIPRA

Extension du logiciel temps réel

L'équipe calcul du CEN projette le développement de plusieurs logiciels et en particulier, pour les semaines à venir :

- le traitement des radiosondages et des bulletins NIVOSE;
- l'automatisation de certains modèles.

Publications annuelles

Traditionnellement, la fin de la campagne nivologique est suivie par une série de publications décrivant, par de nombreux graphiques, l'ensemble de la saison. Cette fonction d'exploitation, lourde à réaliser manuellement, sera effectuée automatiquement à l'aide du logiciel développé à cet effet. Ces graphiques seront réalisés sur table traçante pour être directement publiables.

Climatologie

La constitution des fichiers annuels des obs. nivo et des données Nivose marque, en soit, le début d'une climatologie de l'enneigement.

Sondages de battage

Deux solutions sont envisagées pour accélérer l'acheminement et la saisie des sondages de battage; soit une transmission sur ligne télé-type à partir des stations météo départementales, suivie par un traitement approprié, soit par télécopieur, nécessitant alors une saisie sur table à digitaliser, déjà acquise par le CEN.

Sauvegarde

Pour améliorer la fiabilité de l'application dès cette année une alimentation secourue de l'ensemble est prévue. L'autonomie sera au minimum de 30 minutes avec alarme afin de clore l'application en cas de coupure secteur prolongée.

Diffusion

Dans le cadre de la décentralisation, la prévision du risque d'avalanche sera progressivement prise en charge au niveau des stations météo départementales. Dans ce schéma, le rôle du CEN sera de mettre ses moyens à leur

disposition (modèles, directives). Pour cela se pose le problème de l'émission d'images ou de données du CEN vers ces stations (lignes télétype ? télécopie ?).

Remote batch

Enfin certains modèles ne pourront être développés ou améliorés que sur de gros calculateurs. A cet effet il est envisagé d'installer la fonction REMOTE BATCH sur notre Solar afin d'utiliser les possibilités du CDC 9600 du service central et en particulier sa connexion au CRAY 1.

Discussion

Président : M. L. LLIBOUTRY

M. le Président remercie M. CASTETS et pose la question de la formation du personnel pour de telles études : faut-il des ingénieurs de la Météorologie ou bien des informaticiens ?

M. CASTETS décrit l'origine de cette étude et les personnels de compétences diverses qui y ont contribué, faisant participer pratiquement tout le CEN, sans avoir eu recours à des spécialistes en informatique.

Annexe 1

Centre d'études de la neige — Moyens de calcul