

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 51 (1973)

**Heft:** 4

**Artikel:** Considérations concernant les essais de grands systèmes de télétraitement des données

**Autor:** Jaquier, Jean-Jacques

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-875286>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## **Betrachtungen über Untersuchungen an grossen Datenfernverarbeitungssystemen**

*Zusammenfassung. Dieser Artikel ist den Problemen der Organisation der Tests gewidmet, die sich bei der Entwicklung grosser Datenverarbeitungsapplikationen ergeben, im besondern wenn die eingesetzten Systeme die Datenfernverarbeitung und die Echtzeittechniken anwenden. Die verschiedenen Versuchskategorien sowie ihre wechselseitigen Beziehungen während der Entwicklungsperiode eines Projektes sind beschrieben. Die Versuche sind ein aufwendiges Unterfangen, das viel Zeit und Personal beansprucht. Gut durchdachte und organisierte Versuche, auch wenn sie leider nicht die vollständige Ausmerzung aller Systemfehler ermöglichen, bieten dennoch Gewähr, dass die Betriebsaufnahme mit einem minimalen Risiko erfolgen kann.*

*Résumé. L'article est consacré aux problèmes posés par l'organisation des tests des grands systèmes de traitement de données, en particulier ceux qui font usage du télétraitement et des techniques en temps réel. Les différentes catégories d'essais sont décrites, ainsi que leurs relations réciproques, dans la période de développement d'un projet. Les essais sont une opération onéreuse qui demande beaucoup de temps et de personnel. S'ils ne peuvent garantir une élimination complète des défauts contenus dans un système, ils peuvent toutefois, en étant bien conçus, permettre une mise en service, comportant un risque minimum pour l'exploitation future rationalisée.*

## **Osservazioni in merito alle prove di importanti sistemi di teleelaborazione di dati**

*Riassunto. L'articolo verte sui problemi inerenti all'organizzazione di prove di grandi sistemi di elaborazione di dati, in particolare di quelli che s'avvalgono della teleelaborazione e della tecnica in tempo reale. Si descrivono le differenti categorie di prove come pure i reciproci rapporti del periodo di sviluppo di un progetto. Le prove costituiscono operazioni costose, richiedenti molto tempo e personale. Anche se ben concepite e preparate, non possono tuttavia garantire una completa eliminazione dei difetti contenuti nel sistema, ma ne possono nondimeno assicurare un'attivazione che comporti un minimo di rischio per la futura gestione razionalizzata.*

Il arrive encore fréquemment que les responsables des firmes ou organisations désirant acquérir un système de traitement des données négligent, au cours de la planification et de l'élaboration du projet, l'importance qui doit être accordée aux tests nécessaires pour rendre une installation opérationnelle et vérifier les performances spécifiées dans le cahier des charges. En particulier, l'investissement en temps et en personnel est souvent nettement sous-estimé. Cette affirmation est déjà valable en partie pour les systèmes de traitement commerciaux conventionnels, par exemple les systèmes de traitement par lots utilisant un software standard. Elle l'est d'autant plus pour les systèmes de grande envergure faisant usage des techniques en temps réel et du télétraitement, et dont la programmation doit être spécialement développée par le fournisseur pour une ou plusieurs applications définies, tels les systèmes de réservation de places, les installations de commutation de messages ou les complexes bancaires de télégestion.

L'Entreprise des PTT s'est trouvée confrontée, dans le cadre du projet ATECO<sup>1</sup>, avec les problèmes posés par l'organisation et l'exécution des essais de développement et de réception d'un important système de traitement en temps réel. La conception initiale des essais de réception du système ATECO et le cas particulier des essais en trafic de pointe ont déjà fait l'objet de précédents articles [2] et [3]. En nous fondant sur l'expérience acquise avec le projet mentionné ci-dessus [4] et [5] et en nous référant également à des systèmes analogues [6], [7] et [8], nous désirons ras-

sembler ici quelques remarques d'ordre général qui peuvent être utiles pour l'organisation et la réalisation des essais de futurs systèmes de traitement des données.

Un pourcentage important du temps nécessaire pour développer le software d'un système de traitement des données doit être consacré à la préparation, à l'exécution et à l'analyse des résultats des essais destinés à contrôler que les fonctions du système sont correctement programmées. Des essais soigneusement organisés et bien conçus permettent d'atteindre plus rapidement le but visé, à savoir la disposition d'une installation opérationnelle remplissant les conditions posées dans le cahier des charges et possédant une bonne sécurité d'exploitation.

Le présent article, tout en tentant de considérer l'ensemble des problèmes posés par les différentes catégories de tests entrant en ligne de compte au cours d'un développement, s'arrêtera de manière plus approfondie sur les essais qui requièrent la participation de l'acquéreur, c'est-à-dire du futur utilisateur de l'installation.

## **1. Les différentes catégories d'essais**

On peut différencier plusieurs catégories fondamentales d'essais à effectuer sur un système de traitement des données. Du point de vue de l'utilisateur, deux catégories essentielles peuvent être tout d'abord définies.

Il s'agit, d'une part, des essais effectués au cours des différentes phases du développement et, d'autre part, des essais de réception. La première catégorie a pour but de tester au fur et à mesure les progrès réalisés au cours du développement. La responsabilité de la réalisation de ces tests incombe au fournisseur. Le client peut collaborer à leur pré-

<sup>1</sup> Abréviation de la désignation anglo-allemande *Automatische Telegrammvermittlung mit Computern* (échange automatique des télégrammes au moyen d'ordinateurs)

paration et à leur exécution. Cette participation est même souhaitable dans l'intérêt d'un avancement rapide du développement d'une installation. La direction des essais et l'effort principal pour leur préparation doivent rester cependant du ressort du fournisseur.

La deuxième catégorie est celle des essais de réception. Elle est destinée à contrôler de façon formelle que le système a atteint un niveau de maturité suffisant pour une mise en service. Il s'agit de vérifier que les spécifications fixées dans le cahier des charges ont été respectées lors du développement. Ces essais ont une importante valeur juridique puisque c'est de leurs résultats que dépend l'acceptation ou le refus du système par le client. Ces essais doivent donc logiquement être réalisés sous sa responsabilité. Le programme des essais doit faire l'objet d'accords entre client et fournisseur afin que sa validité soit reconnue par les deux parties. La réalisation proprement dite des essais peut être l'affaire du client uniquement ou faire l'objet d'une collaboration entre les deux partenaires.

Le fournisseur a souvent la tendance de considérer les essais de réception comme une période de mise au point complémentaire du système, où sont exécutés les essais qu'il n'a eu pas le temps de réaliser au cours de la période de développement. Le client devra lutter contre cette tendance et exiger que le système soit entièrement testé par le fournisseur et prêt à entrer en service au moment où débutent les essais de réception. Pour les cas qui peuvent se présenter où un système est réalisé et mis en service en plusieurs étapes, la situation est plus délicate. Pour la première étape, l'exigence mentionnée ci-dessus peut être facilement maintenue. Pour chaque étape suivante, il faudra prévoir, en plus de l'exécution des tests de réception de l'étape considérée, la répétition d'une partie représentative des essais de réception des étapes antérieures, afin de contrôler que l'introduction de la nouvelle application n'a pas d'influence négative sur les éléments du système déjà en service.

Nous allons envisager brièvement les différentes catégories d'essais qu'il convient de réaliser au cours du développement d'un système, puis nous nous intéresserons à certains des problèmes qui se posent pour leur préparation, leur organisation et leur réalisation.

### *1.1 Les essais de détail au cours du développement*

Il s'agit des essais qui sont nécessaires pour contrôler individuellement chacun des modules des programmes. Leur préparation et leur exécution sont du ressort des programmeurs, chacun d'entre eux étant responsable du contrôle de détail des programmes qu'il a conçus. Les essais sont orientés spécialement sur la technique du traitement des données. Les documents de base pour la préparation des tests ne sont pas directement constitués par le cahier des charges du système mais par les spécifications de détail qui en ont été

déduites par le fournisseur pour projeter chaque module, routine ou sous-routine. Les essais doivent prévoir par exemple l'activation systématique de tous les embranchements du programme. Tous les cas spéciaux, en particulier ceux qui appellent des diagnostics d'erreurs ou des contrôles de plausibilité sur les données, doivent être pris en considération. Ces essais de détail ont lieu généralement sans la participation du client. Il est toutefois nécessaire que les tests effectués soient documentés. En effet, pour la maintenance ultérieure du système, il sera très utile de connaître de quelle manière chaque routine peut être testée individuellement, pour tous les cas où il faudra avoir recours à une modification ou à une correction en cours d'exploitation.

Le déroulement des essais de détail a lieu en fonction de l'avancement du développement des programmes. Lors de l'estimation du temps nécessaire pour développer chaque programme, le fournisseur doit tenir compte du temps requis pour les tests. Le temps d'essai d'un élément de programme peut être parfois du même ordre de grandeur que le temps utilisé pour l'analyse et le codage de celui-ci. Le nombre de tests et de contrôles nécessaires pour chaque centaine d'instructions programmées en langage assembleur peut s'étendre entre typiquement 5 et 30 suivant la complexité des programmes et la structure des données à traiter.

### *1.2 Essais d'intégration*

Lorsque l'ensemble des modules constituant une fonction du système a été développé et testé, on peut passer au contrôle du bon fonctionnement des programmes de jonction reliant les modules entre eux ainsi qu'à des essais d'intégration. Le document de base pour ce travail est le cahier des charges ou parfois une version approfondie de ce dernier, constituant la description de détail des fonctions du système, et qui a été établie en commun par le fournisseur et le client au cours de l'étude préliminaire de détail du projet.

Les essais individuels d'intégration seront classés en différents groupes et séries de manière qu'ils couvrent une application ou un domaine définis et forment un ensemble cohérent. Le choix des groupes tiendra compte soit de la similitude de certains programmes ou fonctions sur le plan du traitement des données ou de la nature des applications, soit des possibilités offertes par les qualifications du personnel chargé de l'organisation des essais.

Dans le cas du système ATECO, les groupes principaux d'essais ont été choisis selon deux critères. Nous avons en effet:

- un groupe d'essais consacré au contrôle du traitement des télégrammes (donc des programmes d'application);
- un groupe d'essais destiné au contrôle des programmes de maintenance des fichiers («files»), tâche confiée au groupe de programmation (GP) du centre;

- un groupe d'essais consacré aux fonctions attribuées aux groupes de service (GS) et d'acheminement semi-automatique (GA). Ces fonctions comprennent l'operating du système, y compris celui qui intervient en cas de panne totale du système (recovery) et de remise en synchronisme d'une chaîne hors-service (de duplex en triplex par exemple), ainsi que les opérations devant être effectuées avec les appareils de visualisation (displays) pour l'acheminement semi-automatique des télégrammes comportant une erreur de format ou un lieu de destination non enregistré;
- un groupe d'essais consacré principalement au contrôle des programmes en temps réel, en particulier ceux de jonction (interface) du système avec le réseau télégraphique, ainsi qu'aux problèmes particuliers posés par le fonctionnement en triplex. Ce domaine ressortissait à l'activité du groupe technique (GT);
- un groupe d'essais destiné au contrôle des opérations comptables et des statistiques préparées par le système;
- un groupe d'essais consacré à l'application particulière du service des dérangements (téléphone n° 12);
- un groupe d'essais consacré au contrôle de la capacité de commutation du système et permettant d'effectuer des tests en trafic de pointe ou en condition de saturation.

Pour la préparation des essais, le principe adopté fut de constituer des équipes de travail comprenant, d'une part, côté fournisseur, les analystes et les programmeurs responsables des programmes traités dans chaque groupe d'essais et, d'autre part, côté client, des représentants qualifiés des utilisateurs (par exemple pour le traitement des télégrammes ou le service des dérangements) et les membres des futurs groupes de maintenance du centre (GP, GS, GT, pour les problèmes techniques ou d'exploitation [operating], par exemple).

A titre d'information, nous signalerons que les sept groupes d'essais principaux cités furent subdivisés en 19 séries spécialisées et qu'en définitive l'ensemble des tests d'intégration comprenaient plus de 70 scénarios.

La préparation et l'exécution des tests d'intégration demandent une étroite collaboration entre le fournisseur et le client. L'initiative et la responsabilité doivent rester cependant du côté du fournisseur. C'est à lui, en effet, qu'il appartient de prouver le bien-fondé des solutions techniques choisies et de démontrer la qualité de fonctionnement des programmes. Avec un contrat pour un système livré «clé en mains», le client pourrait en principe s'abstenir de participer à ce niveau des essais et n'intervenir qu'à celui des essais de réception. Nous estimons cependant que, même avec ce type de contrat, une étroite collaboration entre client et fournisseur, liée à une nette définition des responsabilités, peut faire progresser beaucoup plus rapidement la mise au point d'un système et activer sa mise en service. L'expé-

rience des collaborateurs du client au niveau de la connaissance des applications à incorporer au système peut accélérer la préparation de tests approfondis et permettre la détection rapide de malentendus éventuels entre utilisateurs et analystes au niveau de la compréhension des spécifications.

### 1.3 Essais du système d'exploitation (operating/executive systems)

Pour les systèmes commerciaux usuels, des programmes de gérances ou de superviseurs standards peuvent être généralement utilisés. Ils ont été testés de manière approfondie par le fournisseur et sont souvent exploités sur plusieurs dizaines ou centaines d'installations. Leur intégration avec les programmes d'application spécialement développés ne présente pas de problèmes particuliers.

Pour de nombreux systèmes en temps réel ou présentant des exigences sévères du point de vue performances, le système d'exploitation doit par contre être modifié, complété ou même entièrement redéveloppé. Un superviseur d'usage universel devra par exemple être remanié pour ne conserver que les modules essentiels au fonctionnement du système envisagé. Certaines routines dirigeant la multiprogrammation ou les opérations d'entrée-sortie en temps réel peuvent nécessiter une optimisation. Le but visé dans chaque cas est d'obtenir une augmentation des performances et une adaptation optimale aux exigences du système à réaliser.

Ces modifications ou nouveaux développements d'un système d'exploitation (operating system) sont une tâche ardue et de haut niveau dans l'ensemble de la conception d'un système d'informatique. La mise au point des programmes relatifs au système d'exploitation nécessite également un volume important d'essais de détail et d'intégration. Ils sont, dans la plupart des cas, entièrement l'affaire du fournisseur et sont réalisés directement par les analystes et les programmeurs sans l'intervention des utilisateurs [10]. Ces tests sont en effet si étroitement liés aux techniques de programmation et d'une technicité telle qu'il est rare que le client dispose de personnel suffisamment qualifié pour collaborer utilement à leur réalisation.

Le système d'exploitation sera toutefois testé indirectement avec l'aide du client dès le moment où des essais d'intégration peuvent être réalisés avec un software comportant le système d'exploitation, développé ou modifié, associé aux programmes d'application. En particulier, au cours des essais globaux du système (voir 1.4) et des essais de capacité (voir 1.7) où l'ensemble du système est soumis à des contrôles, la qualité du système d'exploitation est mise en évidence. Le système d'exploitation ayant pour but de gérer au mieux les ressources de l'installation, la mesure des performances globales du système comprend implicitement la mesure des performances du système d'exploitation. Une



appréciation de l'efficacité de ce dernier pourra être obtenue par l'incorporation d'un certain nombre de points de mesure dans le software du système de manière qu'il soit possible de déterminer entre autres pour une charge de trafic donnée :

- les temps de réponse,
- le degré d'utilisation de l'unité centrale,
- le degré d'utilisation des canaux d'entrée-sortie,
- le nombre de transferts de segments du système d'exploitation ne résidant pas en permanence dans la mémoire centrale, etc.

La qualité du système d'exploitation sera également en relation avec la fiabilité software du système. Les erreurs contenues dans le système d'exploitation conduisent fréquemment à des pannes software du fait que les erreurs de conception ou de programmation peuvent, dans un concours de circonstances donné, amener le système dans une boucle sans fin, sur une condition stop, ou une situation en temps réel non maîtrisable.

Selon la conception, le système d'exploitation peut présenter parfois la possibilité de points d'étranglement. Ceux-ci peuvent être détectés avec les essais de capacité ou de saturation.

#### 1.4 Essais globaux du système

Lorsque l'ensemble du software a été développé et essayé élément par élément au cours des tests de détail et d'intégration, on peut procéder aux essais globaux du système. Pour cette phase des essais, le système devra disposer de la bibliothèque complète des programmes dans leur état quasi définitif. Les essais globaux ont pour but de démontrer que le système fonctionne correctement et que les performances sont remplies, non seulement lorsque les fonctions sont exécutées individuellement mais également lorsque l'ensemble des applications sont activées simultanément. Pour la réalisation des tests globaux, on pourra, d'une part, utiliser les scénarios des essais d'intégration, et, d'autre part, concevoir des tests spéciaux. En particulier, il est recommandable de préparer un test global comportant l'activation de tous les cas normaux et d'un échantillonnage représentatif des cas particuliers de fonctionnement du système. Ce test, qui peut comprendre plusieurs variantes d'exécution dans son scénario, doit donner la possibilité de contrôler rapidement (en quelques heures) si l'ensemble du système est opérationnel. Ce test constituera un outil important pour les tests de régression (voir 1.12), tant au cours de la phase finale des essais du système que lors des essais qui seront réalisés en exploitation réelle quand l'introduction de corrections ou de modifications dans les programmes sera rendue nécessaire par les expériences faites en exploitation.

Dans les essais globaux, il faudra prévoir un contrôle aussi étendu que possible du système. Tous les éléments influençant l'exploitation, y compris l'infrastructure, devront être

pris en considération. Les différents cas de panne pouvant survenir devront être simulés, tant sur le plan du software que sur celui de l'hardware. Il s'agira entre autres de contrôler à fond le fonctionnement des programmes de rétablissement du système (recovery) qui doivent permettre la reprise du service à la suite d'une panne totale. Des essais prévoyant la commutation sur la chaîne de secours ou la reconfiguration de l'installation à l'aide des unités de réserve dans les systèmes équipés d'éléments redondants devront être exercés. L'influence des dérangements éventuels dans les équipements d'alimentation à courant fort et de climatisation doit être également examinée.

En bref, il s'agit d'examiner de façon aussi complète que possible le complexe formé par le hardware et le software en insistant aussi bien sur la vérification de la qualité que sur la sécurité du fonctionnement.

#### 1.5 Problèmes particuliers posés par les tests de systèmes de traitement en temps réel

Une des difficultés principales qui réside dans la réalisation d'essais pour les systèmes de traitement en temps réel tient à la nature même d'un tel système. Les opérations à traiter ne se présentent pas dans le temps, de façon séquentielle, selon un plan et une organisation définissable à l'avance. Au contraire, la plupart du temps, les systèmes en temps réels doivent faire face à une suite d'événements survenant de façon aléatoire. Le système ATECO doit par exemple être en mesure à tout instant d'accepter un appel survenant sur un circuit gntex ou télex.

Dans un système complexe, ce sont toute une série de programmes, souvent dotés de niveaux de priorité différents et devant répondre à des contraintes temporelles variées qui sont traités en parallèle. Il en résulte que le nombre exact de situations distinctes que le système doit être en mesure de traiter correctement n'est pratiquement pas définissable. Certaines situations dues à une constellation d'événements donnée se présenteront très fréquemment, alors que d'autres seront extrêmement rares et n'apparaîtront que lors de la concordance d'événements dont la probabilité de simultanéité est très faible.

Cet état de fait est la source de difficultés non négligeables pour l'organisation des essais des programmes en temps réel. Il ne suffit pas, comme c'est le cas pour les programmes d'application, de bâtir les essais en se basant sur l'énoncé de la spécification des fonctions et en tenant compte de la logique d'organisation des programmes, par exemple de leurs divers embranchements. Il faudrait en plus, pour un test complet et systématique, pouvoir tenir compte de toutes les relations temporelles existant entre les différentes routines.

Les méthodes généralement appliquées consistent à organiser les essais sur deux plans. Premièrement on essaiera

individuellement chaque fonction ou chaque famille de fonctions en temps réel. Nous citerons par exemple l'analyse des critères en ligne lors de la réception d'un appel télex pour le système ATECO. Le fonctionnement individuel correct étant vérifié, on procédera ensuite à une augmentation progressive de la complexité de la situation de test en exécutant plusieurs appels simultanés par exemple. On s'efforcera ainsi de créer pas à pas les différentes situations de trafic survenant à l'interface avec le réseau télégraphique. Une organisation systématique et dirigée tenant compte des relations temporelles sera toutefois fatalement limitée et se trouvera rapidement au bout des possibilités pouvant être définies exactement dans un scénario.

La deuxième phase de l'élimination des erreurs consistera alors à accumuler des heures d'essai en activant simultanément les différentes fonctions du système selon un schéma d'organisation comportant un certain degré de liberté dans le choix de paramètres définissant la nature du trafic. Le volume du trafic d'essai sera par exemple fixé, mais la nature et le rythme des transactions seront laissés à la fantaisie des opérateurs des terminaux. On cherchera à obtenir ainsi le spectre le plus large possible d'utilisation des fonctions du système. Ce type de trafic peut être qualifié de trafic «sauvage» en comparaison avec celui des essais de détail, d'intégration ou globaux où l'on cherche à préciser exactement dans un scénario les opérations à entreprendre. Le test individuel des programmes aura permis d'éliminer la plupart des erreurs qui peuvent être détectées de façon planifiée. Le «trafic sauvage» quant à lui permet de tester le système dans les situations d'exploitation qui sont fréquentes du point de vue statistique, mais qu'il est difficile de réaliser avec des tests dirigés. Selon la chance et l'imagination des expérimentateurs, et également en proportion du nombre d'heures consacrées à ce genre de trafic, les «essais sauvages» permettront en outre de détecter un certain nombre d'erreurs dont l'apparition est liée à des circonstances particulières ayant une faible probabilité, mais qui peuvent souvent provoquer une panne totale du système.

Les essais de masse ou de saturation (voir 1.7) jouent dans ce sens un rôle important. Le fonctionnement en situation de trafic de pointe ou de surcharge est un outil très utile pour mettre en évidence certaines faiblesses ou points d'étranglements des programmes en temps réel.

Nous remarquerons enfin qu'il faut, lors de la conception d'un système, veiller à séparer nettement les programmes de traitement en temps réel des programmes de traitement des applications, la liaison entre les deux types de programmes devant s'effectuer par l'intermédiaire de jonctions clairement définies. Cette solution permet de simplifier la préparation des tests ainsi que les travaux de maintenance du logiciel en exploitation réelle, en évitant l'introduction d'interférences entre les deux catégories de programmes.

### 1.6 Essais de fiabilité software et essai de durée

Un système ne devrait être accepté pour les essais de réception et la mise en service que lorsqu'il a atteint un certain degré de fiabilité software. Cela signifie qu'il ne doit plus contenir d'erreurs connues perturbant l'exploitation et que la fréquence des erreurs provoquant des pannes software doit être inférieure à une limite définie.

Nous estimons qu'un système en temps réel appelé à fonctionner en permanence 24 heures sur 24 ou 7 jours sur 7 devrait être capable de fonctionner lors des essais de réception avec une période entre deux pannes software au moins supérieure ou égale à 168 heures (une semaine). Il est donc recommandable de prévoir un essai, que nous appellerons test de durée, devant démontrer que cette fiabilité est atteinte. Ce test, qui devra se dérouler dans des conditions d'exploitation aussi proches que possible de l'exploitation réelle, pourra être réalisé comme test préliminaire ou comme test final des essais de réception.

La fiabilité exigée ne peut généralement pas être obtenue sur la seule base des essais d'intégration et des essais globaux, pour les raisons invoquées précédemment au chapitre 1.5. Le test de durée définitif sera la conclusion d'un certain nombre de semaines d'essais réalisés en trafic «sauvage» où la fiabilité software sera progressivement augmentée par l'élimination successive des défauts détectés.

L'augmentation progressive de la fiabilité ne sera généralement pas linéaire en fonction du temps d'essais. En effet, il arrive souvent que l'introduction de corrections dans le système amène également l'introduction de nouvelles erreurs qui diminuent la fiabilité primitivement obtenue. Heureusement ces nouvelles erreurs sont très souvent triviales (par exemple, des erreurs d'assemblage) et peuvent être facilement éliminées. La *fig. 1* montre l'allure type que peut prendre l'évolution de la fiabilité au cours de la période de préparation du test de durée.

### 1.7 Essais de capacité ou de saturation

Les essais en trafic de pointe sont également importants comme compléments des essais globaux d'un système. Ces essais ont pour but de démontrer que le système a été correctement dimensionné et répond aux spécifications fixées dans le cahier des charges (temps de réponse, capacité de commutation, etc.). Les essais de capacité contribuent aussi à l'élimination des défauts du système, en particulier à celle des défauts difficiles à détecter, car, à pleine charge, les probabilités statistiques sont plus grandes pour leur apparition. Les essais de saturation permettent d'observer le comportement du système en cas de surcharge. En particulier, un système en condition de surcharge ne devrait pas se dégrader brutalement mais prendre des mesures adéquates (refus de nouvelles transactions par exemple) pour éliminer la situation anormale.

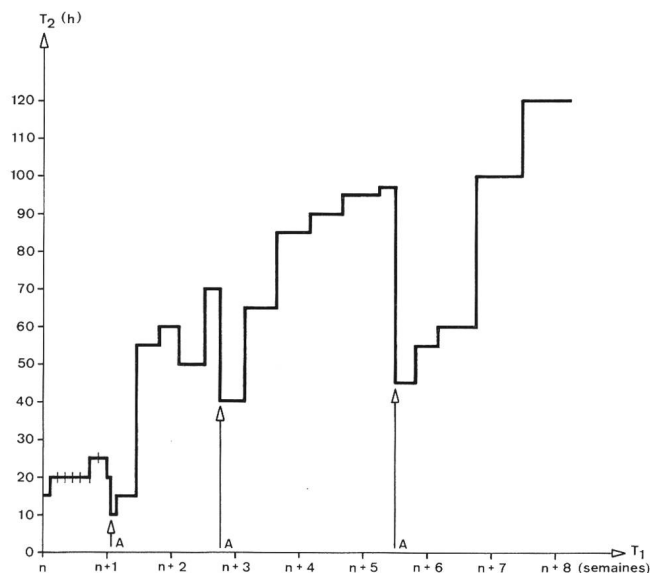


Fig. 1

Evolution type de la fiabilité software en fonction de la durée des essais

$T_1$  Durée de l'essai

$T_2$  Temps de fonctionnement entre 2 pannes software

A Baisse de la fiabilité due à l'introduction d'erreurs lors de nouveaux assemblages du système

Le cas particulier de l'organisation des essais de capacité du système ATECO a été traité dans un précédent article [3].

### 1.8 Essais du hardware

D'une manière générale, la plupart des essais devant démontrer le bon fonctionnement du hardware sont, dans les systèmes modernes, exécutés au moyen d'aides software, c'est-à-dire de routines de test activant et contrôlant les différents éléments des équipements, routines qui ont été développées par le fournisseur comme produits standards simultanément avec le développement des appareils. La tendance va dans la direction de considérer les équipements comme des «boîtes noires» composées d'un certain nombre de modules, les routines de test ayant pour tâche de déterminer le ou les modules défectueux qui peuvent alors être échangés contre des modules de remplacement au premier stade de la maintenance.

L'expérience montre que les composants électroniques des systèmes actuels ont une fiabilité de plus en plus élevée. Les éléments critiques restent les équipements électromécaniques. Les temps moyens de bon fonctionnement (MTBF) d'une unité centrale peuvent dépasser 5000 heures alors que ceux d'un tambour magnétique être inférieurs à 2000 heures.

Les essais du hardware auront lieu au fur et à mesure de l'installation du système sous la responsabilité du fournis-

seur. Dans le cas où le client désire effectuer lui-même la maintenance du hardware du système en exploitation, le personnel destiné à cette tâche devrait avoir la possibilité de suivre les cours de formation nécessaires avant le début des travaux d'installation du système, afin de pouvoir collaborer à ces travaux pour perfectionner son expérience pratique. Au cours des périodes de développement et de test du software, le futur personnel de maintenance devrait, tout en restant sous la responsabilité et sous les ordres du fournisseur, se substituer progressivement aux collaborateurs du fournisseur pour reprendre les tâches usuelles de maintenance. Les essais du hardware qui seront réalisés tout au long de la période de test auront ainsi trois buts:

- contrôler le bon fonctionnement des équipements,
- familiariser le personnel avec les méthodes de maintenance et
- contrôler la valeur de toutes les routines de test disponibles. En particulier, il s'agira de simuler certains défauts hardware, qui ne se sont pas produits naturellement au cours de la période d'essais, afin de contrôler qu'ils peuvent être détectés à l'aide des routines de test et des instructions de maintenance disponibles.

Dès le début de l'installation des équipements, il faudra tenir une statistique des pannes touchant les différents éléments du système. Cette statistique qui pourra s'étendre sur plusieurs mois, selon la durée de la période des essais software, donnera des indications précieuses sur la sensibilité aux pannes des différents équipements et permettra le cas échéant de détecter, avant la réception finale du système, les équipements qui sont sujets à un nombre trop élevé de perturbations.

Sans pouvoir nous étendre sur ce sujet, nous signalerons que les essais du hardware concernent également l'examen de l'infrastructure du système (alimentation courant fort et climatisation) dont la sécurité de fonctionnement a une influence importante sur la sécurité totale du système.

### 1.9 Essais destinés à la formation du personnel

Dès que l'état de développement et la qualité du système le permettent, les futurs utilisateurs devraient avoir l'occasion de s'entraîner au travail avec les terminaux. Cet entraînement peut être réalisé avec la configuration utilisée pour les essais centralisés (voir 2.2) ou avec les terminaux d'exploitation réelle dès que les équipements de la configuration définitive sont disponibles. Le trafic fourni par les utilisateurs en cours de formation peut être utilisé comme source de trafic pour les essais de fiabilité software décrits au chapitre 1.6.

Cependant, pour des raisons psychologiques, cette possibilité ne devrait être utilisée que lorsque le système a déjà atteint une qualité et une fiabilité suffisantes (au moins 2 à 3 heures d'exploitation possible entre deux pannes totales).

Des essais effectués avec un système présentant des pannes totales trop fréquentes peuvent en effet donner une mauvaise impression initiale aux utilisateurs et saper leur confiance dans la qualité et dans les facilités de travail que doit leur apporter le nouveau système.

#### 1.10 Essais de réception

Lorsque le fournisseur estime que le système est opérationnel et prêt à être mis en service, le dernier échelon des phases de test est constitué par les essais de réception. Ces essais doivent donner la démonstration que toutes les spécifications du cahier des charges sont remplies et que le système a atteint une sécurité d'exploitation suffisante.

L'utilisateur devra fixer un certain nombre de conditions préalables au début des essais de réception finals :

- L'ensemble du hardware devra être installé. Une exception peut exister pour les équipements décentralisés de télétraitement (terminaux) dans le cas où une mise en service progressive est prévue. Toutefois, dans ce cas, les éléments non installés doivent pouvoir être simulés lors des essais.
- Le software est complet et toutes les séries d'essais d'intégration et globaux doivent avoir donné des résultats positifs. Toutes les erreurs découvertes lors de ces essais et lors des essais en trafic «sauvage» doivent être éliminées.
- Le système doit être assemblé de manière définitive et ne plus comprendre de corrections incorporées en technique de rapiéçage (patchwork).
- Le système doit avoir atteint la fiabilité exigée pour l'essai de durée.
- L'ensemble de la documentation du système doit être disponible.

Nous sommes d'avis que le client doit participer aux essais tout au long de la période de développement et apporter son soutien au fournisseur. Nous estimons par contre que, dans la mesure du possible, les essais formels de réception proprement dits doivent correspondre à la dernière activité du développement du projet et ne pas être répartis au cours de la réalisation. En effet, il est beaucoup plus facile de juger objectivement un système dont les programmes ont été «gelés» pour les essais de réception, qu'un système en évolution. Même si l'on arrive à définir des étapes et des buts de façon précise, les interférences négatives d'une nouvelle phase du projet sur une phase déjà réceptionnée ne peuvent être exclues de façon absolue.

Pour les projets comprenant plusieurs domaines d'application dont le développement s'étend sur plusieurs années et dont la mise en service est prévue au fur et à mesure de la disponibilité des applications, la tâche des organisateurs des essais de réception est rendue plus ardue. A chaque étape des essais de réception, il convient d'examiner non

seulement la nouvelle application mais également de considérer l'ensemble constitué avec les applications précédentes. Nous estimons que, dans un projet réalisé en plusieurs étapes, le système d'exploitation (operating system) et les programmes en temps réel de télétraitement devraient pouvoir être réceptionnés dans leur état complet et définitif dès la réception de la première étape. Les étapes successives des essais de réception porteront alors essentiellement sur les programmes d'application.

Le programme des essais de réception sera constitué, de façon type, de la manière suivante :

*Pour le hardware :* il consistera en l'exécution systématique des routines de test. A titre d'exemple, les programmes contrôlant les possibilités de lecture et d'écriture pour toutes les positions des mémoires centrales et périphériques devront être exécutés. L'accent sera également mis sur le bon fonctionnement des dispositifs d'alarme des équipements (par exemple, en simulant un échauffement dans un équipement).

Il faudra également contrôler les réserves techniques des équipements. Les disques et tambours magnétiques comportent un certain nombre de traces et de têtes de réserve. Nous estimons que cette réserve doit être disponible lors de la mise en service du système afin de pouvoir assurer la maintenance à long terme de l'installation.

*Pour le software :* les essais consisteront en une démonstration formelle du fonctionnement du système. Sur la base d'un programme d'essais agréé par les deux partenaires (client et fournisseur), la réception du système doit montrer que le système est entièrement opérationnel, c'est-à-dire que

- les fonctions spécifiées sont disponibles,
- la sécurité de fonctionnement spécifiée est assurée (rétablissement du système en cas de panne, sécurité de l'operating),
- les performances spécifiées sont disponibles (temps de réponse, charge de trafic de pointe pouvant être traitée),
- les réserves spécifiées sont disponibles (charge de l'unité centrale et des canaux à trafic nominal, réserves de mémoire interne et externe).

Les essais de réception seront constitués par la répétition d'un choix adéquat des essais d'intégration et globaux ainsi qu'éventuellement par des essais supplémentaires développés par le client et que le fournisseur n'a pas estimé nécessaire de réaliser au cours de la période de développement.

La réalisation des essais sera sous la responsabilité du client, l'exécution, elle, pouvant faire l'objet d'une collaboration avec le fournisseur.

Tous les essais devront être exécutés en utilisant pour le chargement du système, la ou les bandes magnétiques contenant la bibliothèque du «système à réceptionner» et qui auront été remises au client au début des essais de réception.

tion. Aucune correction ou modification ne doit être introduite dans le système au cours des essais sans l'accord formel du client. Si des erreurs sont découvertes à ce moment-là, il s'agira de déterminer si les essais déjà réalisés sont tout de même valides, ou au contraire devront être répétés après introduction des corrections. Cette décision peut être parfois difficile à prendre de façon absolue. Il est essentiel que le fournisseur renseigne exactement le client sur la nature des corrections et sur les types de programmes qui sont touchés, donc en définitive sur les fonctions qui sont concernées par la modification. Les éléments de décision doivent prendre également en considération la nature de l'essai où la ou les erreurs ont été découvertes. Quand un essai nécessite un investissement important en temps et en personnel, sa répétition ne peut pas se justifier du point de vue économique si l'erreur découverte est mineure et ne perturbe pas fortement l'exploitation. Dans ce cas, un essai dirigé spécialisé pourra éventuellement suffire.

D'une manière générale, les essais de réception ne devraient être qu'une confirmation formelle, importante du point de vue juridique, des résultats des examens préliminaires effectués en collaboration entre client et fournisseur. Si les phases d'essais précédentes ont été réalisées avec le soin et l'engagement nécessaires, les essais de réception ne devraient pas apporter d'éléments véritablement nouveaux sur la valeur du système.

### 1.11 Essai précédant la mise en service

Une fois les essais de réception terminés de façon positive et les erreurs éventuellement découvertes corrigées et contrôlées, on pourra passer à la mise en service. Celle-ci aura généralement lieu en plusieurs phases. Avant de passer à l'exploitation effective de chaque phase, il est utile de procéder à un ultime contrôle à l'aide d'un test spécialisé. Ce test a pour but d'effectuer le contrôle de synthèse des opérations de l'ensemble du système en configuration réelle comprenant le centre de traitement, les circuits de transmissions des données et les terminaux. Ce test portera surtout sur l'intégration des circuits des données définitifs du système.

### 1.12 Procédures de régression

Tout au long du développement du système et de sa mise au point, le déroulement des différents essais ne constitue pas une séquence continue. En effet, pour chaque erreur ou défaut découvert, il est nécessaire de revenir en arrière dans la suite des essais, pour contrôler la validité des corrections ou des modifications apportées. Une erreur au niveau d'un test global amène la répétition d'essais au niveau des tests d'intégration et de détail. L'expérience montre que, lors de l'introduction de modifications ou de corrections dans un programme, les chances sont relativement grandes d'introduire de nouvelles erreurs du fait des corrections (typique-

ment une nouvelle erreur pour dix corrections). Le déroulement des tests est donc un processus itératif, certains essais devant être répétés de nombreuses fois. La figure 2 illustre cet état de fait. C'est une des tâches importantes de

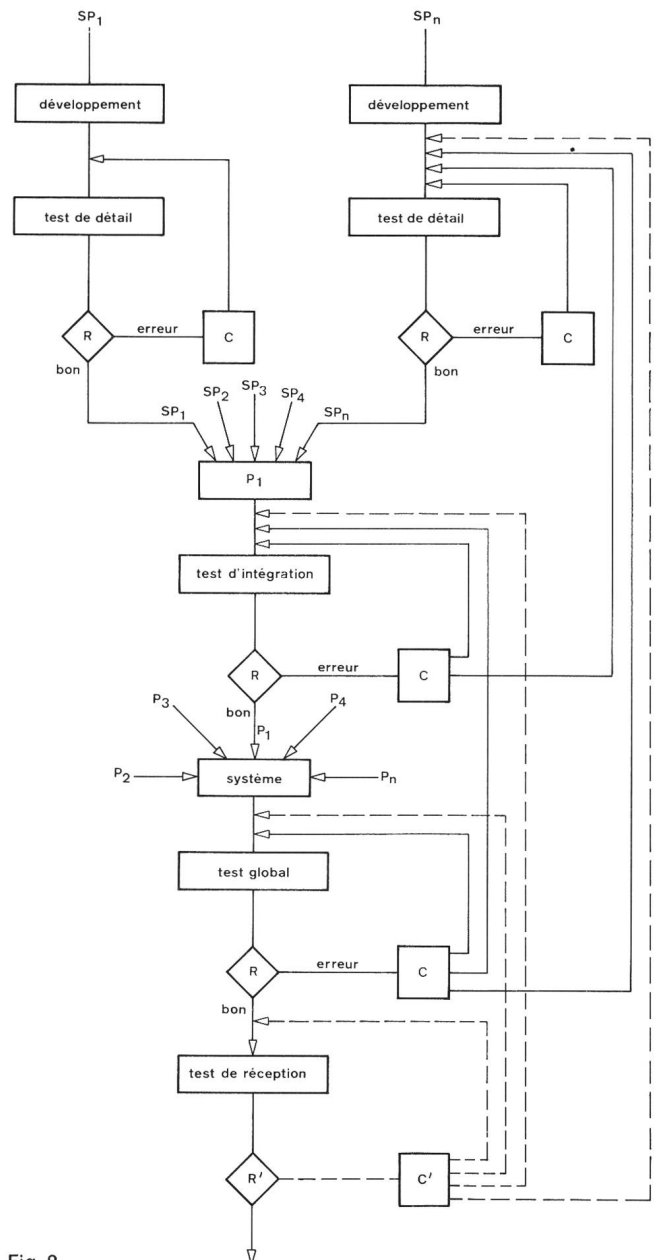


Fig. 2  
Procédures de régression en cas de découverte d'erreurs au cours des différentes phases de test

SP<sub>1, 2, n</sub> Sous-programmes  
R Résultats des essais  
C Procédure de correction  
P<sub>1, 2, n</sub> Programmes  
R', C' Corrections à la suite des essais de réception et corrections des erreurs rémanentes ou introductions de modifications de programmes au cours de l'exploitation



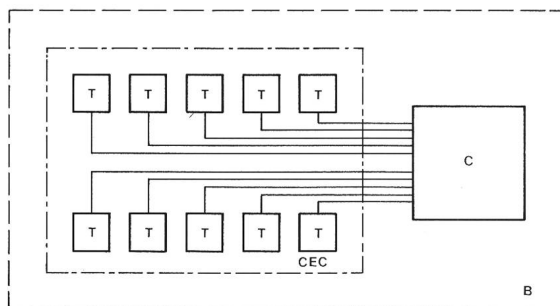


Fig. 3

Configuration d'essais centralisée

B Bâtiment du centre de traitement et de la configuration d'essais  
 C Centre de traitement  
 CEC Configuration d'essais centralisée  
 T Terminaux d'essais

la direction des essais de décider à quels niveaux les essais doivent être répétés en cas d'erreurs ainsi que quelles séries d'essais sont concernées par la correction.

Nous avons mentionné au chapitre 1.4 l'utilité de disposer, dès le début de la phase des essais globaux, d'un test d'usage général permettant de contrôler rapidement et de manière aussi représentative que possible le fonctionnement correct de l'ensemble du système en cas de corrections survenant vers la phase terminale de l'exploitation d'essais.

## 2. Problèmes techniques et pratiques pour la préparation et l'exécution des essais

### 2.1 Préparation des scénarios des essais d'intégration et globaux

Comme nous l'avons mentionné, les essais de détail sont en premier lieu l'affaire du fournisseur. La collaboration entre client et fournisseur intervient généralement au niveau des tests d'intégration et globaux.

Les scénarios d'essais doivent être la synthèse du travail des analystes et des utilisateurs, les analystes portant leur effort sur l'aspect de la technique du traitement des données, les utilisateurs sur les différents cas d'exploitation pouvant se présenter pour une fonction donnée.

Les scénarios doivent comprendre:

- les références aux spécifications du cahier des charges que le test est destiné à contrôler,
- la description claire du déroulement de l'essai,
- la liste des résultats attendus,
- la liste des moyens nécessaires pour réaliser l'essai (configuration de l'installation, configuration d'essais, aides techniques ou aides software, liste des données ou des fichiers),

- l'estimation du temps nécessaire pour réaliser l'essai et
- l'indication des responsables de l'exécution et de l'analyse des essais.

### 2.2 Configurations d'essais

Concernant l'organisation de l'exploitation d'essais, il existe une différence fondamentale entre les systèmes de traitement classiques et les systèmes de télétraitement. Pour les premiers, l'entrée et la sortie des données ont lieu par l'intermédiaire d'un petit nombre d'unités périphériques centralisées (lecteurs de cartes et imprimantes rapides par exemple). Pour les systèmes de télétraitement, il s'agit au contraire d'échanger des données généralement à partir d'un grand nombre d'unités décentralisées. Ce nombre peut atteindre plusieurs centaines d'unités.

Il en résulte que les essais des systèmes de télétraitement ne peuvent généralement pas être réalisés avec la seule aide des équipements prévus au centre de traitement pour l'exploitation réelle. Il est nécessaire de recourir alors à la création d'une configuration d'essais artificielle.

Cette configuration d'essais doit comprendre un nombre de terminaux suffisants pour fournir le trafic correspondant aux besoins des essais. Pour permettre une organisation rationnelle de la plupart des tests, la configuration d'essais devrait être centralisée et disponible si possible à proximité immédiate du centre de traitement. Dans le système ATECO, le cas était quasi idéal car la configuration se trouvait dans le même bâtiment et sur le même étage que les ordinateurs.

Une configuration centralisée offre l'avantage de faciliter la coordination des essais par rapport à une configuration décentralisée. Le contact est plus facile entre les exécutants d'un essai, les opérateurs du centre et les programmeurs (fig. 3).

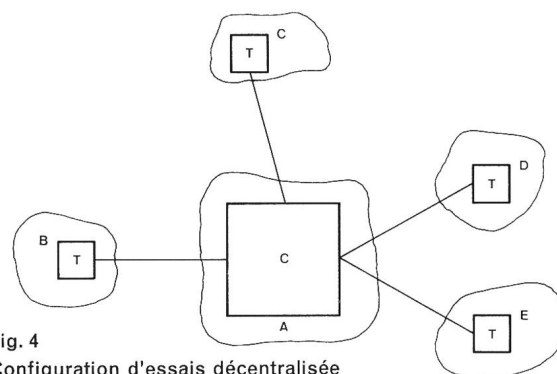


Fig. 4

Configuration d'essais décentralisée

A Localité où se trouve le centre de traitement  
 B, C, D, E Localités où se trouvent les terminaux d'essais  
 T Terminal

Pour certains essais (essais de fiabilité, trafic «sauvage», éducation du personnel), il peut être utile de disposer d'une configuration décentralisée, c'est-à-dire comportant des terminaux dans les localités effectives auxquelles sera relié le système (fig. 4).

Pour certains systèmes, il est possible de réaliser, dès qu'ils ont atteint une maturité suffisante, une exploitation en parallèle avec l'organisation à laquelle ils sont appelés à se substituer (fig. 5). Cette manière d'exécuter des essais globaux décentralisés n'est possible que si l'exploitation manuelle n'est pas trop différente du type d'exploitation qu'introduira le système de traitement. Un tel service en parallèle n'était pour cette raison par exemple, pas possible avec l'ATECO.

Le dimensionnement des configurations d'essais dépend du volume de trafic que l'on désire pouvoir fournir à l'aide de terminaux réels et du personnel disponible pour utiliser la configuration. Nous estimons que la configuration devrait comprendre au moins 10% du nombre de terminaux de l'installation définitive et devrait permettre de fournir 30 à 40% au moins du nombre de transactions du trafic de pointe réel.

Dans le cas du système ATECO, il a été possible de mettre sur pied une configuration centralisée permettant de fournir le trafic de pointe total devant être traité par l'installation [3].

La configuration centralisée d'essais ne doit pas disparaître avec la fin des essais de réception et la mise en service du système. Il est en effet essentiel qu'elle subsiste, probablement sous une forme réduite, en exploitation réelle. Elle constituera alors un outil indispensable à l'usage des

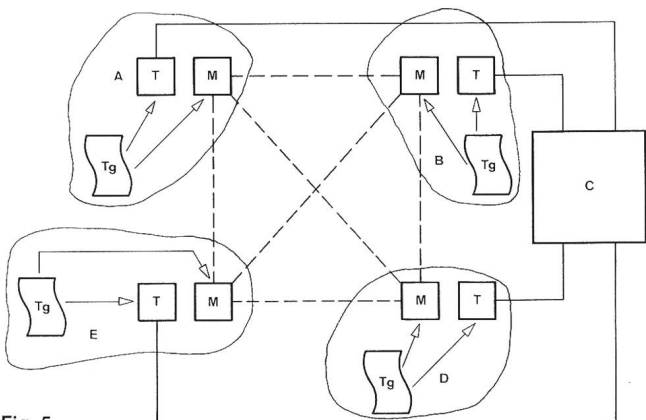


Fig. 5  
Essais en parallèle avec le trafic réel d'un centre de commutation de messages

A, B, D, E Localités des offices télégraphiques  
C Centre de commutation de messages  
M Places de travail selon l'ancienne organisation  
T Places de travail du système automatisé  
Tg Télégrammes

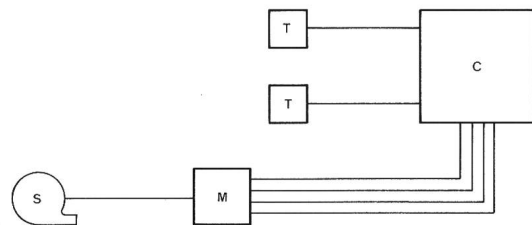


Fig. 6  
Simulation de terminaux à l'aide d'un mini-ordinateur

C Centre de traitement  
T Terminaux réels  
M Mini-ordinateur simulant un certain nombre de terminaux  
S Source de messages préenregistrés

programmeurs chargés de maintenir ou de modifier le système au cours de son exploitation.

### 2.3 Aides de test

Il est généralement nécessaire de disposer de certains moyens auxiliaires pour la réalisation des tests. Ces moyens peuvent être sur le plan de l'hardware et du software.

#### 2.3.1 Aides de test hardware

Nous citerons à titre d'exemple les aides de test développées pour le système ATECO. Il s'agissait, d'une part, de multiplexeurs permettant d'augmenter le nombre de messages transmis par station terminale et de dispositifs facilitant les manipulations des terminaux [3]. Dans les deux cas, le but était de rationaliser les tests (réduction de l'effectif du personnel) et d'augmenter la capacité de trafic pouvant être fournie par la configuration d'essais.

Un autre type d'aides de test envisageable sur le plan du hardware, et permettant d'économiser du personnel, serait la simulation de terminaux à l'aide d'un mini-ordinateur (fig. 6) ou à l'aide d'enregistreurs magnétiques (fig. 7).

Il existe, d'autre part, des moniteurs hardware qui permettent de mesurer les performances d'un système (l'activité des canaux ou de l'unité centrale par exemple) [11].

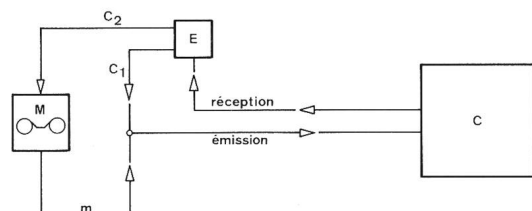


Fig. 7  
Simulation d'un terminal à l'aide d'un équipement auxiliaire utilisant un enregistreur magnétique

C Centre de traitement  
E Dispositif électronique auxiliaire  
C<sub>1</sub> Signaux de contrôle en ligne  
C<sub>2</sub> Signaux de commande de l'enregistreur magnétique  
m Messages préenregistrés

### 2.3.2 Aides de test software

La réalisation d'un projet de grande envergure peut nécessiter, en plus du développement des programmes du système effectif, le développement de programmes complémentaires auxiliaires destinés à faciliter les travaux de programmation ou de tests. Une description détaillée des besoins et possibilités dépasserait le cadre du présent article. Nous nous bornerons à citer certains cas pouvant entrer en ligne de compte. Selon l'effort réalisé pour développer des aides de test, le volume des programmes auxiliaires peut être du même ordre de grandeur que celui des programmes opérationnels [8]. Il n'existe malheureusement à l'heure actuelle pratiquement pas d'aides de tests développées pour un système particulier qui puissent être utilisées sans autre pour d'autres systèmes.

#### Routines auxiliaires de test

Il est souvent nécessaire que les programmeurs introduisent des routines auxiliaires de test dans leur codage pour faciliter le contrôle de leurs programmes lorsque le point à tester n'est pas directement accessible, vu de l'«extérieur» du système, ou lorsque des conditions particulières doivent être créées. Ces programmes ne sont incorporés que temporairement au système pour la durée des essais. Ces modifications auxiliaires peuvent consister, par exemple, en l'incorporation voulue d'instructions STOP permettant de contrôler l'état du système dans une situation particulière, en la réduction de la dimension d'une mémoire tampon pour tester certaines conditions aux limites, ou encore en la création artificielle d'une condition non autorisée pour tester une routine de diagnostic, etc. Une autre catégorie d'aides de test consiste à incorporer des routines auxiliaires permettant de suivre à la trace le déroulement du traitement d'un programme. Ces routines ont pour but d'enregistrer l'état du traitement à différents points de l'exécution d'un programme.

#### Simulation de l'environnement et du système d'exploitation

Pour certains systèmes, il est nécessaire de développer le système d'exploitation (operating system) en plus des programmes d'application. Ces deux développements peuvent avoir lieu en parallèle. D'autre part, il peut arriver qu'on ne dispose pas du hardware nécessaire dans les phases initia-

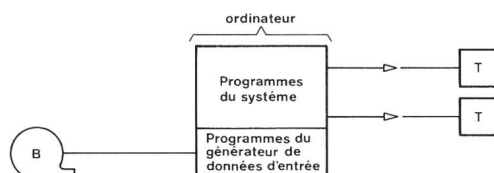


Fig. 8  
Générateur de données d'entrée

B Unité de bande magnétique  
T Terminaux de sortie

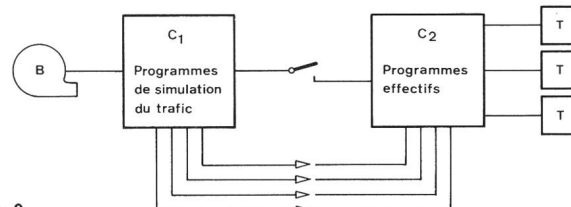


Fig. 9  
Génération du trafic d'entrée à l'aide de l'ordinateur de réserve

C<sub>1</sub> Ordinateur de réserve utilisé comme générateur de trafic  
C<sub>2</sub> Ordinateur en cours de test  
B Unité de bande magnétique  
T Terminaux de sortie

les de réalisation. Cette situation peut amener le fournisseur à programmer un simulateur permettant de tester les modules des programmes d'application, indépendamment de l'hardware et du système d'exploitation définitif, sur un ordinateur commercial conventionnel muni d'un software standard. Le simulateur simule les opérations d'entrée – les données d'entrée sont par exemple fournies sous la forme de cartes perforées – et permet l'impression des résultats de sortie.

#### Générateur de données d'entrée

Les terminaux, tels que les appareils de visualisation, demandent des manipulations intensives de la part du personnel. Pour rationaliser une partie des essais, il peut être très utile de créer un générateur de données d'entrée, utilisant des données enregistrées sur bandes magnétiques, qui simule l'entrée des données à la place des terminaux. Cette solution permet de réaliser un certain nombre de tests de façon quasi automatique et facilement reproductible (fig. 8).

Cette solution est également intéressante pour la réalisation d'essais de masse ou de capacité lorsqu'une configuration d'essais suffisante ne peut pas être réalisée. Une autre variante consiste, dans un système redondant comportant deux chaînes d'ordinateurs, à utiliser l'une des chaînes pour simuler le trafic d'entrée (fig. 9).

#### Programmes d'enregistrement et d'analyse des résultats

Pour faciliter la saisie et l'interprétation des résultats des essais, il peut être très utile sinon indispensable de disposer d'un certain nombre de programmes auxiliaires d'enregistrement des résultats. Dans un système en temps réel en cours de développement, il sera extrêmement favorable d'enregistrer l'«histoire» du système au cours d'un essai, c'est-à-dire, par exemple, de connaître la succession des événements (l'évolution du contenu de certains éléments de mémoire-tampon ou registres entre autres) qui se sont succédé dans les 10 ou 100 ms ayant précédé une panne software.

Le cas idéal serait d'arriver à obtenir une reproductibilité totale des circonstances d'un essai selon le schéma de la

figure 10. Tout le trafic d'entrée, si possible compte tenu des relations dans le temps, serait enregistré sur une bande magnétique. Lorsqu'une erreur se produit et est corrigée, le test de régression est effectué alors à partir de la bande magnétique d'enregistrement et du simulateur générateur des données d'entrée.

L'enregistrement systématique de l'«histoire» du système constitue un volume de traitement supplémentaire qui influence négativement la capacité de traitement. Pour effectuer des essais de capacité, cet enregistrement devrait se limiter au seul comptage des informations indispensables au contrôle de l'essai, afin d'influencer le moins possible les performances du système. Ces indications minimales sont par exemple :

- le nombre de transactions traitées,
- le degré de charge de l'unité centrale,
- le degré de charge des canaux,
- les temps de réponse et
- la fréquence d'utilisation de programmes ou segments de programmes.

Le développement des programmes d'enregistrement peut demander un volume de travail important, mais ceux-ci peuvent constituer une aide extrêmement utile pour la mise au point du système.

Le degré minimal des programmes d'enregistrement et d'analyse indispensables pour le développement d'un système est représenté par la possibilité d'enregistrer et d'imprimer de façon automatique ou semi-automatique l'image du contenu de la mémoire centrale ou des mémoires périphériques, à un instant donné ou à la suite d'une panne totale (possibilité d'exécuter des «dumps»).

#### 2.4 Les fichiers et données utilisés pour les essais

Les fichiers ou «files» utilisés pour les essais peuvent consister en des données réelles ou des données artificielles selon la nature du système. Si le nombre journalier de mutations du système est relativement faible (par exemple 10 à 100 par jour), il y aura avantage à développer aussi rapidement que possible les programmes de collecte des informations pour la génération initiale des «files», ainsi que des programmes (peut-être sous une forme provisoire) permettant d'effectuer les mutations. Il sera ainsi possible de travailler et de tester avec des «files» réels et de les tenir à jour au fur et à mesure du développement du système, ce qui permettra un passage rapide à l'exploitation effective.

Dans le cas où un très grand nombre de mutations journalières sont nécessaires (par exemple plusieurs milliers par jour) ce procédé n'est pas applicable, car il nécessiterait la mise sur pied d'une organisation trop importante, et il est nécessaire de créer des fichiers d'essais artificiels constituant un échantillonnage représentatif des données réelles. Lorsque les fichiers ont un volume important, il ne sera pas pos-

sible, vu l'investissement en travail qui en résulterait, d'enregistrer un nombre d'informations égal au nombre réel. Pour les essais où il serait indispensable de disposer de fichiers ayant une taille réelle (les essais des programmes de réorganisation par exemple), on peut prévoir la génération des fichiers en deux phases. La première consisterait à enregistrer manuellement un nombre suffisant d'informations (records) répondant aux exigences normales des essais dirigés, puis dans une deuxième phase de développer un programme auxiliaire générant les enregistrements complémentaires des fichiers selon un schéma donné et dans un mode pseudo-aléatoire.

La saisie effective des informations pour la mise en service devra avoir lieu peu avant cette dernière, pour avoir des informations aussi actuelles que possible, et les mutations seront alors exécutées de façon décentralisée au moyen des terminaux connectés au système.

En ce qui concerne les données des messages d'essais on peut également utiliser soit des données réelles, en se basant sur celles de l'organisation non rationalisée, soit des données artificielles tenant directement compte de la nature du test à effectuer. Nous estimons que les programmes doivent tout d'abord être testés avec des données artificielles lors des essais dirigés, puis les tests complétés avec des données réelles, par exemple lors des tests en «trafic sauvage». Ce procédé a été utilisé pour le système ATECO. Les essais dirigés ont été exécutés à l'aide de télégrammes créés spécialement tandis qu'on a utilisé principalement les archives du télégraphe comme sources des messages des essais décentralisés.

### 3. Importance de la documentation

Une documentation de qualité est une condition primordiale pour assurer la maintenance d'un système de traitement de données. La disposition de cette documentation est également très importante au cours des phases de prépara-

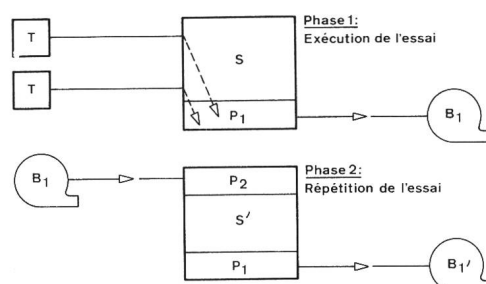


Fig. 10  
Principe d'enregistrement et de répétition des essais

S : Système à tester  
S' : Système corrigé à retester  
P1 : Programme auxiliaire d'enregistrement  
P2 : Programme simulateur de données d'entrée  
B1 : Bande magnétique d'enregistrement

tion et d'exécution des essais. C'est en effet en disposant d'informations aussi complètes que possible sur les fonctions exécutées par le système qu'on pourra mettre sur pied les tests nécessaires pour un contrôle précis de celles-ci.

La documentation, dont on doit pouvoir disposer, est composée des éléments suivants :

- Le cahier des charges du système, établi par le client, ainsi que souvent une version approfondie de celui-ci tenant compte des techniques du traitement de données et préparé en collaboration par le fournisseur et le client.
- La « documentation du système ». Celle-ci se compose de plusieurs documents destinés à donner une information complète des différents aspects techniques du système.
- La documentation d'exploitation. Il s'agit des documents décrivant toutes les opérations devant être effectuées pour exploiter le système. Ils concernent aussi bien l'exploitation des équipements centraux que périphériques. Tous les aspects de l'operating, de la maintenance des banques de données, de la sécurité sont traités dans cette partie de la documentation.

La « documentation du système » comprend plusieurs niveaux d'information. Un premier document peut consister en une analyse et un approfondissement du cahier des charges et contenir les spécifications précises pour le développement. Un autre document décrira la conception selon laquelle les fonctions à réaliser seront exécutées techniquement. Les différents programmes seront décrits d'une façon générale. Cette description touchera leur structure et l'organisation des données ainsi que les relations entre les différents programmes. Le dernier groupe de documents est constitué par les spécifications de détail de chaque programme. Les conditions posées sont décrites ainsi que la solution choisie. Toutes les particularités du programme sont précisées, compte tenu des restrictions et des cas particuliers.

Les organigrammes sont également incorporés à cette partie de la documentation.

Il est important que la documentation soit établie le plus tôt possible et soit disponible en partie pour la préparation des essais. L'essentiel de la documentation devrait être établi avant que l'on commence le codage des programmes. Ce devrait être le cas pour la description générale des programmes et celle des spécifications de détail de chaque routine. Si cette condition est remplie, le contrôle de l'avancement du projet peut en être grandement facilité. En effet, du fait qu'on dispose pour chaque programme de documents sous une forme accessible à tous les collaborateurs du projet et non seulement au programmeur chargé de sa réalisation, une supervision de l'ensemble, tant du côté fournisseur que client, est simplifiée. Le client peut en outre procéder très tôt à des contrôles « à sec » des fonctions du système sur la base des spécifications de détail.

Des erreurs de conception éventuelles ou de mauvaises interprétations du cahier des charges peuvent ainsi être éliminées avant que l'on procède au codage et au test de détail de chaque routine.

#### **4. Problèmes fondamentaux d'organisation**

##### *4.1 Le problème des essais aux niveaux de la direction de l'entreprise et de la direction du projet*

Il est essentiel que le management de l'entreprise qui désire rationaliser son organisation au moyen d'un système de traitement de donnée soit conscient de ce que cette introduction nécessite un effort particulier en temps et en personnel non seulement lors de la mise sur pied des spécifications du système mais tout au long du développement.

L'effort portera éventuellement sur la participation directe aux travaux de développement en attribuant une équipe de programmeurs au fournisseur, cette équipe étant chargée par la suite de la maintenance du software.

De plus, l'effort nécessaire pour la participation aux essais exécutés au cours du développement, et pour la préparation et la réalisation des essais de réception, doit être pris en considération dans toutes ses conséquences, tant sur le plan financier que sur celui de la planification du personnel. La réalisation des tests est une chose coûteuse. Elle demande du temps et du personnel. Elle peut exiger l'acquisition de matériel auxiliaire ou le développement de programmes d'aides de test qui ne seront pas utilisés en exploitation réelle. Les tests représentent un pourcentage appréciable de l'investissement financier pour le software. Ce pourcentage peut varier entre 20 et 50 %. Pour les systèmes de rationalisation dont le but est une économie de personnel, il faut être conscient du fait que le développement du système aura pour conséquence de nécessiter tout d'abord une augmentation temporaire de personnel.

Pour le projet ATECO, une équipe de près de 10 collaborateurs des PTT a été occupée à plein temps pendant près de deux ans à la préparation, à l'exécution et à l'analyse des différents essais. Si l'on compte le personnel auxiliaire, il y eut des périodes (en particulier lors des essais décentralisés) où plus de 80 personnes participaient aux essais du côté des PTT.

Le management doit comprendre l'importance des essais dès le début des travaux du projet et leur apporter son soutien total. Un système soigneusement testé permet de passer avec un minimum de risques à l'exploitation rationalisée. Un système mis en service alors qu'il comporte encore la probabilité de nombreuses erreurs peut amener une exploitation incohérente et non satisfaisante pour les utilisateurs pendant de nombreux mois. De plus, il est toujours plus délicat de procéder à une correction en exploitation réelle qu'en exploitation d'essais. En particulier, il faut s'efforcer d'éliminer le plus d'erreurs possibles du système d'exploitation



(operating system) et des programmes en temps réel avant la mise en service, car il s'agit là de la partie la plus complexe du système et donc la plus difficile à maîtriser pour l'équipe de maintenance du software.

#### 4.2 Constitution de l'équipe de test

Pour toute la durée de l'exploitation d'essais de développement et de réception, il est à conseiller de créer une «équipe de test» ad hoc permanente, dédiée spécialement à la planification, à l'organisation générale et à l'exécution des tests. Cette équipe formée de collaborateurs du client travaillera en coopération avec les analystes et les programmeurs du fournisseur. Pour les tests des systèmes de grande envergure, il est recommandable que de son côté le fournisseur attribue aussi de façon permanente quelques collaborateurs aux problèmes d'organisation des essais. L'équipe de test du client devrait être composée à la fois de spécialistes du traitement de données et de représentants qualifiés des utilisateurs. D'une manière générale, il serait souhaitable que tous les collaborateurs de l'équipe de test possèdent des connaissances de base des techniques du traitement électronique de l'information.

Sur le plan psychologique, il faut chercher à intégrer autant que possible l'équipe de test avec les équipes de développement et à valoriser le travail de test aux yeux des analystes et des programmeurs. Ces derniers ne doivent pas voir dans l'équipe de test une unité examinatrice au sens scolaire du terme chargée de juger de la qualité de leur travail, mais au contraire la considérer comme un service contribuant de façon positive au but commun, qui consiste à obtenir un système satisfaisant pour tous les intéressés.

L'équipe de test et son chef doivent s'efforcer tout au long de la période d'essais de conserver une attitude critique objective vis-à-vis de l'ensemble des aspects du projet.

Le but visé est d'obtenir un système fonctionnant avec sécurité et satisfaisant aux spécifications des utilisateurs. Il faut éviter de tomber dans deux tendances contraires: la première consistant à considérer les essais comme une fin en soi, et tester pour le plaisir de tester; la seconde consistant à céder aux pressions éventuelles provenant tant des utilisateurs que du fournisseur et visant à mettre le système en service le plus rapidement possible pour des raisons financières, aux dépens de la qualité des tests.

L'équipe de test doit donc chercher une attitude neutre entre les deux parties et essayer de déterminer, pour chaque test ou série de tests qu'elle développe, l'importance relative de la fonction testée ainsi que les risques qui sont liés à son mauvais fonctionnement éventuel, dans l'optique de l'ensemble du projet.

Il peut être utile de confier la direction de l'équipe de test à un organe de l'entreprise distinct de celui qui a initié et planifié le projet, pour les raisons de neutralité invoquées

plus haut. Cette condition a été remplie pour le projet ATECO pour lequel la responsabilité des essais de réception et la direction de ceux-ci ont été confiées à la division des recherches et du développement tandis que le projet était dirigé par la section de la téléinformatique de la Direction générale. Pour les périodes d'essais précédentes au cours du développement, la direction de l'équipe d'essais était collégiale et comprenait un représentant du fournisseur, un représentant de la direction du projet (utilisateurs), un représentant de la direction du futur centre de traitement et un représentant de la division des recherches et du développement.

#### 4.3 Planification des essais

La planification exacte du temps nécessaire pour le développement d'un software est une tâche délicate. De nombreuses expériences montrent qu'il est rare que les délais prévus initialement pour un projet puissent être tenus. Dans ce contexte, la planification des essais joue aussi un rôle important. Une première estimation du temps nécessaire pour développer et exécuter les essais devra être faite au début de l'étude de détail du projet. Il s'agira ensuite, lorsque les scénarios auront été développés et les points critiques du système mis en évidence lors de l'analyse, de recourir à une estimation du temps nécessaire. Il faudra estimer les chances de réussite des tests, les programmes simples pouvant être mis au point en recourant à 2 ou 3 répétitions des essais, les programmes complexes nécessitant des répétitions d'essais plus nombreuses.

La fig. 11 illustre les estimations successives qui ont dû être faites pour la planification du développement de la programmation et des essais du système ATECO. La forte

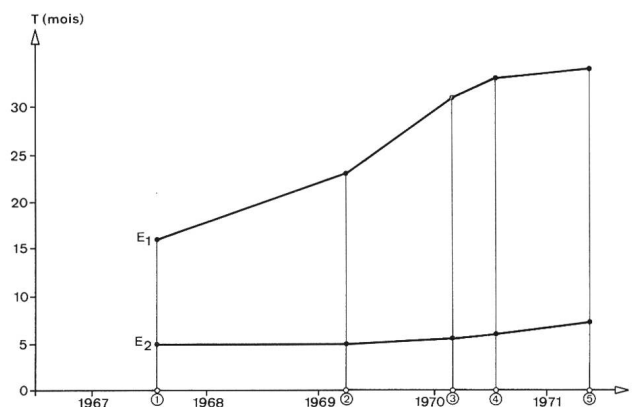


Fig. 11

Estimations successives du temps nécessaire pour la réalisation du système ATECO

- E<sub>1</sub> Estimation du temps pour la programmation, les tests de détail et les tests d'intégration
- E<sub>2</sub> Estimation pour les tests globaux et de réception
- ① ② ③ ④ Plans PERT successifs révisés
- ⑤ Fin effective du projet

augmentation entre les plans PERT 2 et 3 est due à une large extension du programme des essais d'intégration qui s'est avérée nécessaire au cours de l'avancement des travaux.

La direction du projet doit être tenue au courant, de façon continue, des recommandations et des plans prévus par l'équipe de test pour tenir compte des conséquences sur la planification temporelle du projet. Une augmentation du temps de développement étant synonyme de frais supplémentaires, la direction du projet peut être appelée à devoir prendre des décisions fondamentales concernant les essais, en écartant certaines des propositions de l'équipe de test qui nécessiteraient un investissement jugé exagéré en temps, personnel ou matériel. Dans de tels cas, la direction du projet devra toutefois examiner avec soin les risques encourus en renonçant aux tests prévus.

La fig. 12 présente un schéma de principe type de la planification des essais d'un système de traitement de données, telle que l'on peut l'envisager.

L'expérience montre que généralement les vœux des programmeurs et des examinateurs concernant l'utilisation des ordinateurs dépasse très souvent le temps-machine effectivement disponible. C'est une des tâches de la direction des essais de répartir la disponibilité du système entre les différents utilisateurs en se basant sur la liste des priorités influençant l'avancement des travaux de développement. La planification de la répartition du temps-machine devra avoir lieu chaque semaine ou chaque quinzaine, compte tenu des résultats des essais déjà exécutés et de l'état de développement des programmes.

#### 4.4 Contrôle de l'avancement des travaux de test

La direction de l'équipe d'essais doit tenir au courant directement de l'avancement des travaux d'essais le management du client chargé de la coordination de l'ensemble du projet.

La direction de l'équipe d'essais doit être informée par les différents collaborateurs participant aux essais de la manière suivante:

- Chaque essai doit faire l'objet d'un court rapport. Ces rapports peuvent être présentés sous une forme normalisée. Ils doivent contenir des indications sur les conditions de déroulement de l'essai, les résultats obtenus, les circonstances spéciales éventuelles (panne software).
- Chaque erreur ou défaut détecté doit être porté sur une «liste d'erreurs» tenue régulièrement à jour. Au cours des essais d'intégration, globaux et de réception du système ATECO, plus de 700 points furent listés. Deux cents d'entre eux environ furent détectés au cours des essais de réception finals. Cette liste ne contenait que les défauts du système visibles pour l'utilisateur. Si l'on tient compte des erreurs spécifiques aux techniques de programmation (par exemple situation anormale provoquant un stop soft-

ware du système) qui n'ont pas toujours été enregistrées, on peut estimer à plus de 1000 le nombre d'erreurs détectées au cours des essais d'intégration, globaux et de réception. Le système complet comportant 240 000 instructions environ, cela correspond à la détection d'une erreur en moyenne pour 200 à 250 instructions codées. Cette valeur peut être considérée comme typique pour un système complexe programmé en langage assembleur par des programmeurs expérimentés.

- Chaque panne software doit être également enregistrée et son origine recherchée. Cette recherche est parfois ardue, en particulier pour les pannes survenant à la suite de défauts dans les programmes en temps réel. Ce n'est parfois que lorsque l'erreur s'est produite plusieurs fois et qu'on a eu recours à l'incorporation temporaire de routines de diagnostic spécialisées dans la partie suspecte du système qu'on arrive à détecter la nature du défaut.

Le pendant de l'enregistrement systématique des défauts découverts lors des essais est le contrôle des corrections ou modifications introduites dans le système. Chaque correction doit faire l'objet d'un rapport pour la direction des essais. Ce rapport peut consister en une formule donnant les indications suivantes:

- dénomination du programme corrigé,
- indication de la cause qui a nécessité la correction (par exemple point de la «liste des erreurs»),
- description de la correction réalisée,
- indication des tests effectués personnellement par le programmeur,
- indication des séries d'essais d'intégration ou globaux touchés par l'essai,
- indication des modifications éventuellement nécessaires de la documentation du système (organigrammes, etc.).

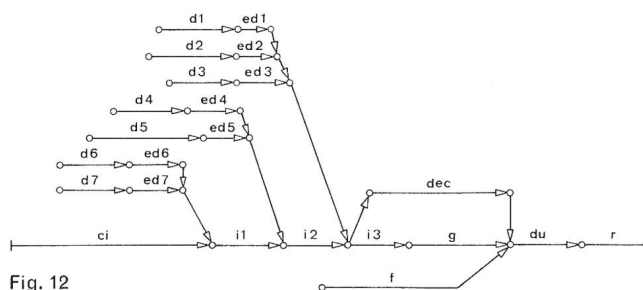


Fig. 12  
Schéma de principe de la planification des essais

d1...d7	Développement des programmes
ed1...ed7	Essais de détail
ci	Conception des essais d'intégration
i1...i3	Essais d'intégration
dec	Essais décentralisés et de formation du personnel
g	Essais globaux
du	Essais de durée
f	Essais de fiabilité software
r	Essais de réception du système

Ces rapports doivent permettre à la direction des essais de faire le point de la situation du système et de décider si des séries d'essais exécutées précédemment sont invalidées par les corrections et nécessitent une répétition.

La direction des essais doit être informée en tout temps des modifications apportées au système.

La technique appliquée généralement au cours du développement consiste à créer des générations successives du système. La *figure 13* illustre le principe. Au début, le système contient une partie seulement des programmes d'application. Les générations consécutives sont peu à peu complétées au fur et à mesure de l'évolution des travaux. Chaque génération du système correspond à un nouvel assemblage des programmes.

Les corrections des erreurs découvertes sont tout d'abord incorporées au système de façon provisoire sous la forme de raccommodages (patchwork). Elles sont intégrées définitivement au système lors du prochain assemblage. D'une manière générale, pour un système du type de l'ATECO, les assemblages sont réalisés toutes les 3 ou 4 semaines. Il est nécessaire que le système soit conçu de manière modulaire afin que des assemblages partiels du système soient possibles lorsque les corrections ne concernent que certaines parties du programme. Le temps nécessaire pour assembler un grand système peut prendre en effet plusieurs heures de temps de traitement. Une conception modulaire permet d'économiser du temps-machine.

C'est au cours des essais de réception que la direction de l'équipe de test doit apporter la plus grande attention aux modifications apportées au système. Les programmes doivent pouvoir être «gelés» dans la mesure du possible pour faciliter l'appréciation d'ensemble du résultat des essais et juger de la validité des différentes séries de test.

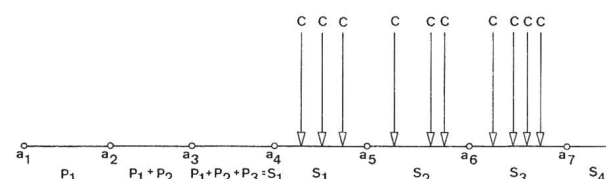


Fig. 13

Principe des générations successives du logiciel du système

- $a_1, a_2, a_3, a_4$  Assemblage progressif des éléments du système
- $P_1, P_2, P_3$  Parties du logiciel du système
- $S$  Logiciel complet du système
- $C$  Corrections ajoutées par rapiéçage (patchwork)
- $S_1, S_2, S_3, S_4$  Générations successives du système
- $a_5, a_6, a_7$  Assemblages partiels pour intégrer définitivement les corrections

## 5. Conclusions

Nous avons brossé le tableau des méthodes qui peuvent être appliquées pour les essais d'un système de traitement de données. Nous nous sommes basés principalement sur l'expérience acquise avec le système ATECO. Nous avons tenté de démontrer l'importance qu'il faut accorder à l'organisation et à l'exécution des essais. Ceux-ci jouent un rôle essentiel pour une mise en service comportant un minimum de risques pour l'exploitation. Mais, aussi grand que soit l'effort apporté pour réaliser les tests, ceux-ci ne pourront jamais garantir que *toutes* les erreurs d'un système ont pu être éliminées. Une organisation poussée et soigneuse des essais permet cependant d'éliminer avec de fortes chances la catégorie d'erreurs qui peut perturber de façon sensible l'exploitation future d'un système. En définitive, c'est à la direction de l'entreprise et à la direction du projet de déterminer l'effort en hommes et en temps qui doit être consacré aux essais, en connaissance des risques encourus lors de l'introduction d'un nouveau système de traitement de données.

## Bibliographie

- [1] ATECO. Traitement automatique des télégrammes au moyen d'ordinateurs. Numéro spécial du Bull. Techn. PTT, 47 (1969) n° 4.
- [2] Jaquier J.-J. Les essais de réception du système ATECO. Bull. Techn. PTT, 47 (1969), n° 4, p. 175...180.
- [3] Jaquier J.-J., K. Dieterle. Les essais en trafic de pointe du système de commutation des télégrammes ATECO. Bull. Techn. PTT, 50 (1972), n° 9, p. 358...372.
- [4] Jaquier J.-J., K. Dieterle. Programme, planifications et directives pour la réalisation des essais de réception finals du système ATECO. Rapport n° A 27.355/15. 2. 1971, Division des Recherches et du Développement PTT, Berne.
- [5] ATECO - Drehbücher für den Zentralversuchsbetrieb. Document interne PTT-Univac (5. 10. 1970).
- [6] Leutert W. W. Die Programmierung eines Luftabwehrsystems. Neue Zürcher Zeitung, 1970, n° 192, p. 25...30.
- [7] Bentham A. R. Measurement for systems acceptance testing. Infotech State of the Art Report nr 12, (1972) on Computer Systems Measurement. Infotech Education Ltd.
- [8] Ginzberg M. G. Notes on testing real-time systems programs. IBM Systems Journal, 4 (1965), n° 1, p. 58...72.
- [9] Gastand G, Trelut J. Simulation d'environnement. Commutation et Electronique, 1971, n° 35, p. 85...91.
- [10] Keefe D. D. Hierarchical control programs for systems evaluation. IBM Systems Journal, 7 (1968), n° 2, p. 123...133.
- [11] Schulman F. D. Hardware measurement device for IBM System/360 time sharing evaluation. Proceedings of the 22nd National Conference of the ACM, P-67 (1967), p. 103...109.