

MES REFLEXIONS PERSONNELLES SUR LA PUISSANCE ET LA STRUCTURE DU CAUTRA 4

La note de GARRIC/84131/STNA/7, relative au devenir du sous-système plan de vol STPV est intéressante, mais elle me paraît trop limitée.

On a l'impression, vue de l'extérieur, que le STNA se limite seulement à des replâtrages pour que le CAUTRA 4 arrive finalement à remplacer le CAUTRA 3. Ces replâtrages ne sont pas sans rappeler les mesures conservatoires successives qu'il a fallu prendre depuis 1976 pour que le système CAUTRA 3 de Paris puisse tenir (Tandem puis trio, remplacement du radar d'Orly par Athis...).

Ce stade devrait être dépassé et la réflexion aller au-delà pour deux raisons :

- * D'abord, une dimension que doit respecter tout changement de système semble avoir été totalement perdue de vue: ce changement doit procurer une réserve suffisante pour intégrer des fonctions nouvelles. J'avoue avoir des inquiétudes de ce point de vue, et il me paraîtrait nécessaire que les réflexions du STNA dépassent le cadre strict de la puissance nécessaire à la copie et au maintien des fonctionnalités CAUTRA 3.
- * Le remplacement CAUTRA 3 par le CAUTRA 4 constitue la quatrième opération de cette nature où on remplace un système vieillissant par un nouveau. Les précédentes mettaient en oeuvre moins de fonctionnalités et moins de centres. Pourtant elles étaient déjà lourdes. L'enseignement à tirer du remplacement CAUTRA 3 - CAUTRA 4 est qu'il serait irréaliste pour l'avenir de planifier une opération semblable. Une autre stratégie doit être prévue, et il faut s'y préparer dès maintenant.

Il est donc nécessaire d'entamer une réflexion de fond sur la structure du système:

- Portant simultanément sur les traitements du sous système radar STR
- Visant l'objectif plus large de garantir une réserve de manœuvre suffisante. les opérations ponctuelles du type de celles décrites dans la note citée ne devant être que des premières mesures, nécessaires à court terme mais s'intégrant dans un plan d'ensemble.
- Intégrant les aspects durée de vie logiciel et matériel afin de pouvoir procéder au remplacement futur avec moins de difficultés.

1 - Un peu d'histoire sur la structure du CAUTRA 4. Quel bilan.

Les principales justifications mises en avant pour adopter la structure en 2 parties radar et plan de vol méritent d'être rappelées. Je ne prétends pas être exhaustif mais seulement reprendre celles qui ont eu le plus d'impact.

Postulat A - La partie radar peut se passer d'histoire, les informations qu'elle traite étant constamment renouvelées. Il lui faut un redémarrage rapide en cas de panne. Si on se fonde sur les instructions DNA, l'interruption de l'image radar doit être limitée à 20 sec max.

Ceci est encore vrai. Il n'y avait pas de point de contrôle sur le STR. Le basculement automatique STR PAL - STR SOS donne mieux que 20 secondes, d'autant que la corrélation des pistes est aussi faite dans le SOS. Par contre on verra plus loin, tous les traitements rajoutés au niveau de la visualisation radar pourraient conduire à infirmer le postulat A.

Postulat B - Le traitement simultané des entrées radar est possible de façon simple et permet un secours instantané par commutation de système.

Qu'en est-il au niveau dialogues contrôleur à l'aide du radar pour transferts radar. Les transitoires en cas d'incident sont toujours difficiles à analyser dans les configurations à 2 systèmes en parallèle. Plusieurs solutions sont possibles mais elles compliquent le dialogue en temps normal. Par exemple: n'alimenter le SOS que lorsque l'opération s'est complètement déroulée dans le système opérationnel.

Postulat C - Le traitement radar et la visualisation correspondante peuvent être isolés facilement du traitement plan de vol; mise à jour des plans de vol, événements peu fréquents.

Quand le postulat C a été fixé, la visualisation était fondée entièrement sur les codes fonctionnels et était donc totalement indépendante du plan de vol, hormis la connaissance des différents codes discrets affectés à l'avion. Encore en cas de force majeure ceux-ci pouvaient être forcés par le contrôleur qui connaissait la plupart du temps les liens simples entre un code et sa visualisation.

La situation n'est plus identique aujourd'hui. Un bilan à froid de l'intérêt et des inconvénients de la visu par couche telle qu'elle est définie aujourd'hui serait intéressant à faire.

Postulat D - Le traitement radar et la visualisation nécessitent peu de référence aux tables de données circulation aérienne. Les données nécessaires peuvent provenir en réponse à des requêtes du traitement plan de vol.

De ce fait, on obtiendra un logiciel de traitement radar fiable parce qu'il ne sera pas amené à subir de fréquentes modifications.

Postulat E - la partie plan de vol au contraire ne traite pas des informations renouvelées sur la base de cycle régulier. Elle réclame des précautions particulières de conservation de l'historique: messages reçus des contrôleurs **ou d'autres** systèmes, certitudes que les messages ont bien été émis vers les divers correspondants en temps utile (strips...).

Postulat F - le traitement plan de vol aboutit essentiellement à l'impression de strip. De ce fait la procédure de redémarrage en cas d'incident peut-être plus longue sans gêne particulière (plusieurs minutes).

Postulat G - le logiciel du sous-système de traitement plan de vol est celui qui sera la plus soumis aux modifications: tant du point de vue fonctionnalités que pour s'adapter à révolution du contexte opérationnel.

En faisant abstraction des dispositions prises d'un commun accord entre SCTA et STNA sur le nombre de versions annuelles et en éliminant les modifications qui résultent des aménagements pris pour pallier la saturation (restructuration des traitements, moniteur bi UC,...)

peut-on faire un bilan des modifications du STR.

Ce postulat s'est-il avéré exact? sinon quelles parties a-t-on le plus modifiées ? vraisemblablement la visualisation et l'interface avec le plan de vol.

Strips décalés et ACT auto renforcent les contraintes dans ce domaine.

Nombre d'arrêts, temps de reprise, certitude de la reprise, doivent être améliorés.

Ce postulat va s'avérer de plus en plus faux. Le remplacement du strip papier par une visu électronique des plans de vol entraînera des contraintes aussi dures que celles du traitement radar du point de vue temps d'arrêt admissible. Déjà l'utilisation de plus en plus intensive des listes sur digitatron, ce qui n'était pas encore effectif en 1974, milite pour l'abandon de ce postulat.

Le sous système plan de vol va devoir évoluer vers une organisation voisine de celle du sous système radar avec un système opérationnel et un système en double permettant une reprise à chaud par simple commutation.

Ce postulat semble avoir été oublié. Depuis 1976 des changements ou adjonctions ont été faites: stripping par tranche de niveau strip liste et concaténation *listes* des vols en compte, listes *d'éveil* échanges de messages ACT, procédure ACT auto, visu par couches et nouvelle allocation de codes.

2 - EVOLUTION FONCTIONNELLE PREVISIBLE

Celle-ci résultera:

- * des progrès qui seront accomplis en matière de prédiction de trajectoires: conséquence d'une meilleure modélisation du vent et des performances avions.
- * des progrès qui seront accomplis en matière de présentation d'information. Une prédiction de trajectoire qui s'avèrerait valable dans 9.5 % des cas (dispersion par exemple de l'ordre de l'imprécision des données radar en position et de 10 sec en temps) nécessitera pour être utilisée de façon efficace un véritable strip électronique.
- * des progrès en matière de dialogue homme-machine.

On peut en déduire sans en analyser les conséquences dans le détails, que les nouvelles fonctionnalités découlant de ces progrès demanderont pour être mises en service puissance **et fiabilité**.

3 - NECESSITE DE DEPASSER LA STRUCTURE CAUTRA 4

3.1 - La structure CAUTRA 4 répondait aux problèmes du CAUTRA dans la période 75-80. La réflexion qui y a conduit était fondée - il faudrait avoir le courage de le reconnaître pour être constructif-uniquement sur les problèmes de fiabilité de la machine support du CAUTRA 3.

Si on fait l'hypothèse que le CAUTRA 3 ait été développé sur une autre machine, dont il aurait existé une véritable gamme avec des rapports de puissance de 1 à 10, et d'une fiabilité nettement supérieure au 10070, la structure CAUTRA 4 n'aurait pas été imaginée, car le besoin ne s'en serait pas fait sentir (cf. le STRIDA qui a évolué de façon inverse d'un multiprocesseur à une machine unique).

Pourquoi: parce qu'il est beaucoup plus simple à tout point de vue d'avoir toutes les informations dont on a besoin immédiatement accessibles. Cela simplifie les traitements et les liens entre traitements. Cela évite des redondances d'informations qui peuvent devenir non cohérentes, si on ne prend pas de précautions...

3.2 - Les travaux du groupe ad hoc pour la su;vie du système de Paris (Note CENA/N79023) avait déjà mis en évidence la nécessité de continuer la réflexion au delà de la structure actuelle du CAUTRA 4.

Ces travaux avaient mis en évidence l'intérêt pour l'évolution future, d'un "serveur impression" et le groupe avait recommandé son étude. Cette recommandation n'a pas été retenue par la DNA. Pourtant le frontal files d'attentes disques de la note de M. GARRIC (§ 3.1.1) reprend cette idée et la présente comme la seule solution à court terme capable de soulager le STPV sans trop bouleverser la structure. Cette solution est à rapprocher dans son esprit de la solution qui tourne encore à Paris et qui a été mise en oeuvre avec le système TRIO, aboutissement des conclusions du groupe ad hoc déjà cité.

3.3 - La machine support du CAUTRA s'avère être une impasse. Le langage LTR de même. Il faut donc prendre dès maintenant des mesures qui permettent d'ouvrir le système à d'autres machines et à d'autres langages. Cela en minimisant les travaux, en particulier de logiciels. Cela ne peut s'obtenir qu'à l'aide d'une nouvelle structure qui doit être étudiée dès maintenant et mise en place de façon **progressive**.

3.4 - La structure du système doit être modifiée pour pouvoir faciliter les études et expérimentations des fonctionnalités futures.

En effet, les calculateurs et le langage actuel du CAUTRA 4 ne permettront pas de procéder comme on a pu le faire avec le CAUTRA 3 pour valider des fonctionnalités nouvelles à un stade expérimental: d'une part il n'y a pas de réserve de puissance, ni côté STR ni côté STPV. D'autre part le langage LTR-V2 est d'ores et déjà abandonné par ses autres utilisateurs, et lorsque l'IRIS 80 du CENA aura été démonté, il n'y aura plus de langage opérationnel commun entre CAUTRA et CENA.

Or, bien que beaucoup d'études puissent être explorées très profondément par l'usage des bancs de test, il faut en fin de parcours en évaluer certains aspects dans un environnement beaucoup plus proche des conditions opérationnelles. Certaines validations peuvent se faire en simulation temps réel, d'autres non. Il faut donc que, tant la structure du CAUTRA que la structure du simulateur soient adaptées à ces besoins d'expérimentation: notons bien qu'il ne s'agit pas par un biais plus ou moins justifié de renouer avec des pratiques anciennes et de ne pas respecter la distribution des responsabilités CENA/SCTA/STNA, mais de permettre le moment venu, dans le déroulement d'une étude la validation en milieu réel ou quasi réel et sans y consacrer un effort trop important (et donc un temps en rapport) : à titre d'exemple, comment serait faite dans le contexte actuel l'expérimentation du filet de sauvegarde de la fin 77 et du printemps 78 :

rappelons qu'à l'époque, on avait tout simplement pris le programme opérationnel du calculateur SOS radar de Paris, éliminé tout ce qui était inutile à l'expérimentation, pour faire de la place en mémoire, mis à la place les modules du banc de test y compris la nouvelle poursuite altitude, avec une synchronisation simplifiée par rapport à la poursuite, source de donnée, et à la visualisation, sortie opérationnelle du filet.

3.5 - La stratégie de remplacement globale du matériel et simultanément du logiciel, utilisée pour CAUTRA 3 - CAUTRA ., n'est pas adaptée à l'ampleur du problème et à son contexte opérationnel. La durée de vie des matériels et des logiciels n'est pas identique et ce fait doit être reconnu et admis. N'oublions pas que le développement d'un logiciel performant donnant satisfaction est long et coûteux à obtenir.

La compatibilité ascendante est un facteur primordial pour raccourcir le temps de remplacement des matériels. Sinon on aboutit soit à une course entre deux systèmes qui ont chacun leur vie propre soit à un gel du vieux système que côté opérationnel on accepte très difficilement. La structure du système à remplacer apparaît donc comme un facteur important vis à vis de la facilité de mise en oeuvre du remplacement.

4 - PRINCIPES DIRECTEURS D'UNE NOUVELLE STRUCTURE

PRINCIPE 1 -

Le système sera nécessairement composé de matériels de marque et de génération différentes pouvant utiliser des langages différents.

A moins de revenir en arrière et de tout vouloir remettre dans une seule machine, ce que je ne préconise pas pour ma part, il faut admettre qu'avoir un système homogène (machine et logiciel) n'est pas un but à poursuivre. Si cela se produit tant mieux, cela peut avoir des retombées au niveau maintenance tant matérielle que logicielle. Mais ceci est marginal par rapport à la souplesse qu'apporte l'adoption a priori d'une structure hétérogène. Que l'on comprenne bien: l'hétérogénéité n'est pas entre centres qui doivent rester homogènes entre eux en dehors des périodes transitoires de modifications, mais à l'intérieur de chaque centre. Le CAUTRA composite est un bon exemple de système hétérogène.

Reconnaître comme principe ce qui est rendu obligatoire par la réalité entraîne des conséquences importantes:

- * chaque constituant a une durée de vie qui lui est propre et indépendante des autres. On peut le remplacer en fonction de ses propres contraintes uniquement: fiabilité devenant insuffisante, évolution technologique intéressante, évolution qualitative intéressante...
- * chaque constituant peut être remplacé par un nouveau constituant qui assure au minimum les fonctionnalités identiques avec les mêmes interfaces. Un contrôle de performance avant remplacement peut être fait de manière très approfondie. Peu de risques sont donc pris de perturber durablement tout le système pour la mise au point ou pendant le début d'utilisation opérationnelle. Cela permettra aussi d'éviter des possibles régressions.
- * dans la mesure où les interfaces entre constituant peuvent correspondre à des interfaces physiques, on est amené naturellement à une structure beaucoup plus modulaire. Le contrôle de la performance du système en est amélioré, car cette opération est plus facile à réaliser quand on a un accès direct aux entrées et aux sorties.

PRINCIPE 2 -

La réflexion sur la structure du système **doit englober les capteurs et les périphériques de sorties et de dialogue**. On définira les interfaces non pas en fonction de l'histoire ou des techniques utilisées, ou des problèmes momentanés de charges relatives du système central ou de ses périphériques, mais en fonction d'une analyse soigneuse des liens, des cheminements de l'information initiale, de son enrichissement successif par corrélation avec d'autres, de la sécurité qui doit lui être attribuée à chacun de ses niveaux.

Ainsi, à titre d'exemple l'interface entre station radar et traitement multi-radar devrait être défini en raison directe des possibilités de corrélation entre elles des diverses grandeurs mesurées par chaque radar sur le même avion.

Les différentes structures d'organisation possibles devraient être classées en fonction de leur aptitude à se rapprocher au maximum de l'idéal théorique. Cet élément devrait être un des critères importants de choix.

D'une telle analyse ressortirait aussi l'intérêt du serveur impression ou du frontal évoqués dans la note de M. GARRIC. Notons à ce sujet que la configuration CAUTRA 2 opérationnelle entre 1965 et 1971 comportait un tel frontal et que son fonctionnement n'a jamais donné lieu à problème particulier, dans la mesure où des précautions sont prises pour s'assurer avec les messages où les strips ont été correctement acheminés. C'est maintenant la configuration type utilisées dans tous les systèmes transactionnels.

Le serveur impression envisagé par le groupe ad hoc pour la survie du CAUTRA PARIS allait un peu plus loin: il exécutait lui-même les ordres d'impression ne se contentant pas seulement de gérer les files d'attentes.

La même analyse ferait ressortir l'hérésie qui a consisté à faire disparaître les équipements centraux du type concentrateur OMERA pour les recueils des désignations. Voilà un équipement qui assurait parallèlement au calculateur CAUTRA, le balayage permanent de tous les digitatrons.

Sur le CAUTRA 3 la gestion de l'entrée des désignations des 45 digitatrons OMERA de Paris n'a jamais consommé plus de 0,5 à 1 % de puissance absolue. La formule du concentrateur TVT actuel n'est pas équivalente. Ce dernier doit être interrogé avec une fréquence suffisante, pour ne pas ralentir artificiellement les temps de service. Mais de plus celui-ci ne répercute que des demandes de raccordement et non pas les désignations qui nécessitent chaque fois une interrogation du digitatron pour être recueillies. Le recueil d'une désignation (2 fois quatre bits utiles) est une opération elle même très peu performante par une interface série avec une procédure de transmission synchrone. Pour avoir la même efficacité que la lecture d'une désignation OMERA, il faut monter à une vitesse de modulation de 38400 bauds. (rapport [CENA 81.18](#)). Il y avait bien sûr des inconvénients à la formule concentrateur OMERA = câblage très lourd entre l'équipement central de concentration et chaque cadre, nécessité d'interface parallèle entre le calculateur et le concentrateur. Cependant la technologie des réseaux locaux offre maintenant un support beaucoup plus adapté à ces principes de connexion qui ont déjà fait la preuve de leur efficacité.

.Du fait que strip et radar ne se distingueront plus dans un futur proche du point de vue des contraintes de fiabilité et de renouvellement de l'information, l'analyse qui est préconisée devrait mettre en lumière que le type d'échange actuel où on arrose tout le monde avec tout par l'intermédiaire de messages très élaborés n'est plus adapté, d'autant que la charge de faire les messages incombe au CAUTRA.

Il serait préférable que le rôle du CAUTRA se limite à constituer une base de données intégrant toutes les informations connues et crédibles. Ces informations seraient distribuées sur un ou plusieurs réseaux locaux en permanence, avec des messages de formats simples. Les systèmes de visualisation radar et plan de vol capteraient au passage les informations en fonction de critères qui leurs sont propres : géographique,

altitude, temps... et qui seraient réglables de façon dynamique. les mises en forme finales pour les affichages ou les dialogues seraient faites par ces dispositifs. On retrouve ici une structure plus proche de celle du STRIDA que du CAUTRA actuel.

PRINCIPE 3 -

La structure du système devait être élaborée sous forme de couches successives qui s'empilent, la situation la plus élaborée étant celle du niveau le plus élevé. Chaque niveau devrait pouvoir faire l'objet d'une distribution par un réseau local. Ainsi Chaque périphérique utilisateur pourrait afficher les informations du niveau qui a été sélectionné.

Chaque boîte fonctionnelle qui permet de produire une partie des informations au niveau supérieur est elle aussi alimentée par les niveaux inférieurs de la m~me façon.

L'application d'un tel principe paraît bien adapté d'une part aux divers traitements à faire subir aux informations radar et plan de vol, d'autre part aux besoins de fiabilité:

On aurait par **exemple**:

Niveau de base: plan de vol	...strip actuel
Niveau plan de vol corrélé radar	...strip électronique tenu à jour en permanence
Niveau prédiction de trajectoire	Ce niveau peut ne pas être utilisé par les contrôleurs
Niveau organisation du trafic	utilisé par le contrôleur organique

- * Cette décomposition en niveau à l'avantage de permettre une bonne fiabilité: la structure et les traitements peuvent être organisés de façon à rendre très difficile sinon impossible la descente des incidents: étanchéité des niveaux inférieurs par rapport au niveau supérieur 00 se produirait un incident.
- * Cette décomposition conduit forcément à avoir des processeurs indépendants par niveau. On a donc du traitement parallèle et on peut donc mieux adapter la puissance des processeurs aux besoins.

Sont couverts aussi les nécessités de faire assez simplement des tests de nouvelles fonctionnalités en milieu simulé ou opérationnel: Ces nouvelles fonctionnalités ont effet pour but essentiel de créer des liens entre des informations existantes des niveaux inférieurs. Elles apparaîtront pour la plupart du niveau supérieur au niveau atteint en service opérationnel.

PRINCIPE 4 -

Ne pas réinventer la roue. Ne pas réinventer ce qui existe déjà (ailleurs ou chez nous) et qui a fait preuve de son efficacité. Faire une synthèse de tout ce qui est bon dans diverses solutions concurrentes.

l'application effective de ce principe requiert que tous les échelons intervenant en soient convaincus, depuis ceux qui prennent les décisions, en passant par ceux qui les préparent et ceux qui les appliquent.

Pour pouvoir appliquer ce principe, il faut:

- * connaître ce qui existe, (ce qui réclame bien souvent de se donner la peine de l'apprendre).
- * connaître les performances de ce qui existe, ce qui implique se donner des moyens de les mesurer et surtout de faire des comparaisons objectives de performance.

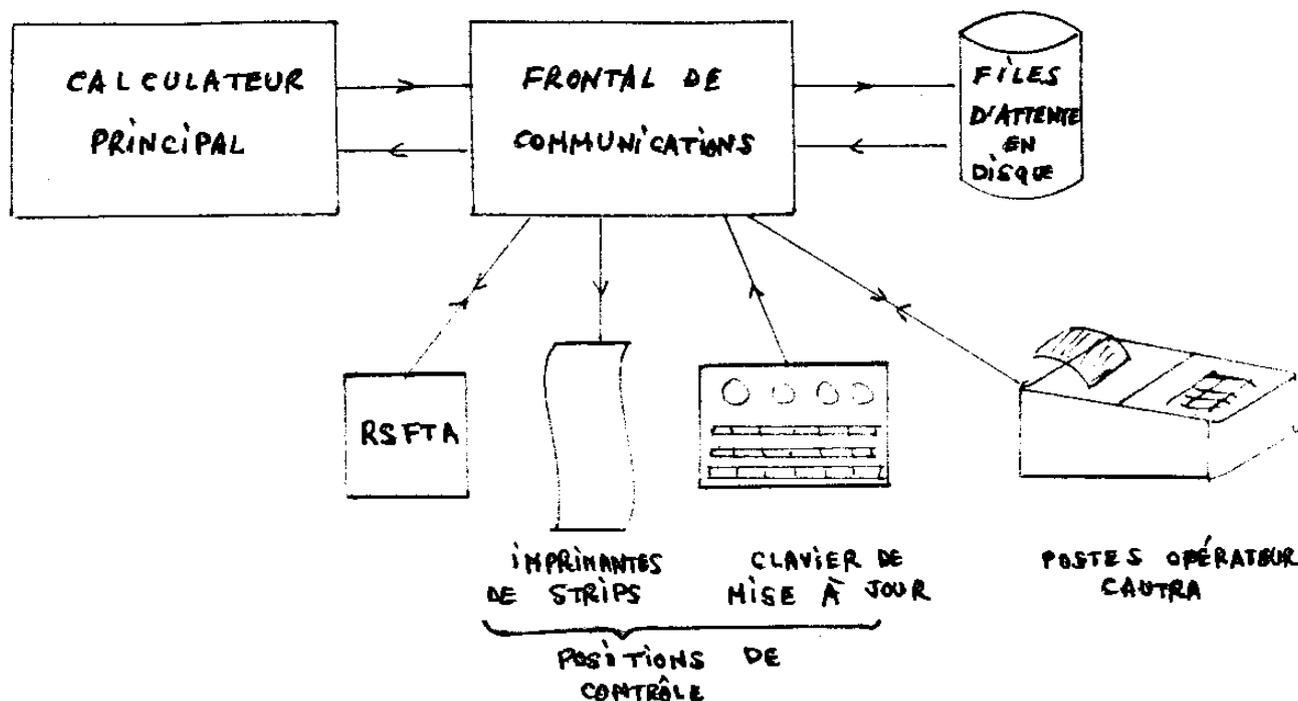
Ce principe a été malheureusement appliqué très tardivement dans la transition CAUTRA 3 - CAUTRA 4. Pratiquement seul le traitement initial des plans de vol a été correctement abordé de ce point de vue, avec des spécifications faites largement à partir de ce qui existait déjà. Les tests de comparaison de la fin 82 ont permis de garantir un bon niveau de performance du traitement automatique du plan de vols déposés et d'éviter des problèmes de transition qui n'ont pas manqué de se poser avec les autres sous systèmes.

CONCLUSION

Pour les raisons qui ont été exposées et dans un cadre à préciser il me paraît urgent que sous une forme à déterminer, les travaux concernant la structure du CAUTRA soient entrepris.

D. ALVAREZ

Annexe



Rappel de la structure du Cautra 2 (1965-1971)

1 - Le calculateur principal élaborait en détail les strips. Les files d'attente étaient gérées par le frontal. Les clés de reprise étaient dans le calculateur principal (dont de réimpression dans certains cas d'incident sans panne du frontal).

2 - le calculateur frontal gérait le dialogue des claviers au niveau des séquences élémentaires des transactions de dialogue : réception de la donnée, contrôle de syntaxe, contrôle sémantique réduit, réponse par l'allumage du voyant du champ suivant à fournir par le contrôleur : temps de réponse meilleurs que 150 ms en moyenne (8 fois 4 claviers groupés sur une unité accédée par polling). Le message une fois complètement élaboré était transmis au calculateur principal. Le clavier correspondant était verrouillé en attente d'une réponse de celui-ci, généralement en 2 à 3 sec.