

Aide à la résolution de problème par présentation graphique des informations

Bernard Senach

▶ **To cite this version:**

Bernard Senach. Aide à la résolution de problème par présentation graphique des informations. [Rapport de recherche] RT-0013, INRIA. 1982, pp.68. inria-00070141

HAL Id: inria-00070141
https://inria.hal.science/inria-00070141

Submitted on 19 May 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Col 12

IRIA

CENTRE DE ROCQUENCOURT

Institut National
de Recherche
en Informatique
et en Automatique

Domaine de Voluceau
Rocquencourt
B.P.105
78153 Le Chesnay Cedex
France
Tél. 954 90 20

Rapports Techniques

N° 13

AIDE A LA RÉSOLUTION DE PROBLÈME PAR PRÉSENTATION GRAPHIQUE DES INFORMATIONS

Bernard SENACH

Mai 1982

AIDE A LA RESOLUTION DE PROBLEME PAR PRESENTATION GRAPHIQUE DES INFORMATIONS

Bernard SENACH

CRER 8202 R06

Cette étude a été menée dans le cadre d'un contrat financé par la RATP.

PAPIER RECUPERE ET RECYCLE

RESUME

Ce rapport présente une approche expérimentale d'un travail de résolution d'incident en situation naturelle de travail. La tâche est celle de régulation du trafic dans un système ferroviaire de transport urbain.

En premier lieu, on définit formellement les classes de problèmes auxquelles sont confrontés les opérateurs. Une simulation de résolution d'incident est ensuite réalisée; l'hypothèse principale est que les contrôleurs opèrent une "réduction de l'espace du problème", c'est-à-dire ne traitent pas l'ensemble des descripteurs permettant de distinguer certaines classes de problèmes. On prédit dans ces cas, l'adoption de solutions non optimales, i.e. ne prenant pas en compte les contraintes du système.

Un prototype de présentation d'information ayant pour objectif de permettre un élargissement de l'espace du problème est mis à l'épreuve.

Les résultats confirment l'hypothèse de réduction et l'efficacité du nouveau dispositif dans certaines situations met en évidence les limites et les insuffisances des documents habituels de travail

SUMMARY

This report presents an experiment on a problem solving task in a work environment

A previous task analysis on the railway trafic control of a urban transportation system resulted in a formal definition of the problem structure.

A simulation experiment was carried out the main hypothesis concerns "problem space reduction": skilled operators are not expected to apprehend the problem to be solved with all the accurate information

Consequently, their solutions could not be optimal in the sense that they would not include all the system constraints.

A convenient graphical display of information is supposed to widen problem space.

The results support the reduction hypothesis; the effeciency of the graphical display points out the limits of the usual job aids.

SOMMAIRE

1 - Introduction 1

2 - Classes de problèmes 1
2.1 Résolution d'incident et régulation 1
2.2 Caractéristiques formelles des incidents..... 1

3 - Formalisation des problèmes de gestion d'équipe 4
3.1 Etats ultérieurs des couples train-conducteur 5
3.2 Contrainte d'ordre entre éléments de couples successifs.. 5
3.3 Algorithme de résolution..... 7
3.4 Mode opératoire..... 7

4 - Conception d'un prototype d'aide au diagnostic..... 10

5 - Expérimentation. 14
5.1 Objectif..... 14
5.2 Matériel..... 14
5.3 Procédure expérimentale 14

6 - Résultats 15
6.1 Suivi des équipes 15
6.2 Résolution d'incidents à l'aide des documents usuels ... 18
a - Structure du Pb1..... 18
b - Les solutions 19
c - Structure du Pb4..... 21
d - Les solutions 22
6.3 Résolution d'incident et prototype 24
a - Structure du Pb2 24
b - Les solutions 25
c - Structure du Pb5..... 27
d - Les solutions 27

7 - Réduction de l'espace du problème et efficacité du prototype 29
7.1 Objet du travail des opérateurs 29
7.2 Processus de travail 31
a - Diagnostic 31
b - Résolution d'incident 37

ANNEXES 43

Annexe I : Algorithmes théoriques de résolution d'incident.....
Annexe II : Analyse d'une solution non optimale .....
Annexe III: Matériel et consigne ....

1 - Introduction

Ce rapport constitue le prolongement des études entreprises sur l'activité de résolution d'incident par des opérateurs chargés de la régulation d'un processus (système de transport ferroviaire) Une première expérimentation a permis d'identifier et de décrire les principales solutions utilisées par les régulateurs et de situer les différences de mode opératoire tant au niveau du choix des solutions qu'au niveau des modalités d'application de celles-ci.

Par stratégie, l'étude ne prenait pas en compte l'ensemble des cas de figure:

a) tous les incidents étaient localisés en terminus
b) les données relatives à la gestion des équipes, apparaissant comme un des déterminants de la complexité d'un problème d'exploitation, n'étaient pas manipulées.

Le travail entrepris ici constitue un élargissement du champ d'étude puisqu'il intègre ces deux aspects du problème.

Nous proposons tout d'abord une analyse formelle de la logique de fonctionnement du système d'exploitation. C'est sur la base de cette analyse qu'ont été élaborées les hypothèses qui sous-tendent une expérimentation conduite sur le terrain présentée ci-dessous.

2 - Classes de problèmes

2.1 Nous avons admis que l'opérateur était impliqué dans une activité de résolution d'incident uniquement lorsque le retard (1) subi par un train était d'une valeur égale ou supérieure à l'intervalle entre les trains en vigueur dans la période d'exploitation considérée.

Pour les retards inférieurs à cette durée, on considèrera que l'activité de l'opérateur est limitée à la régulation proprement dite.

2.2 Nous avons recherché des caractéristiques formelles des incidents de telle sorte qu'il soit possible de définir des classes de problèmes.

---

(1) Par retard on entendra ici durée d'immobilisation, i.e. la durée comprise entre le début du stationnement du train et son départ effectif.

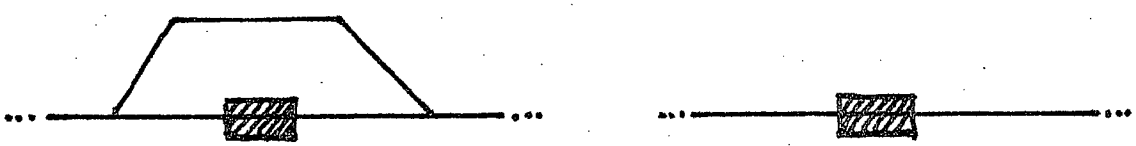
C'est-à-dire que:

- tous les incidents ayant telles caractéristiques données posent à l'opérateur le même problème, quelles que soient par ailleurs les différences de surface pouvant les distinguer.

- deux incidents différents par un descripteur formel posent deux problèmes différents à l'opérateur i.e. une même procédure ne peut être utilisée dans les deux cas.

a) Configuration du lieu de l'incident

On distingue les cas de figure selon qu'il existe ou non sur le terrain une voie de dépassement soit·



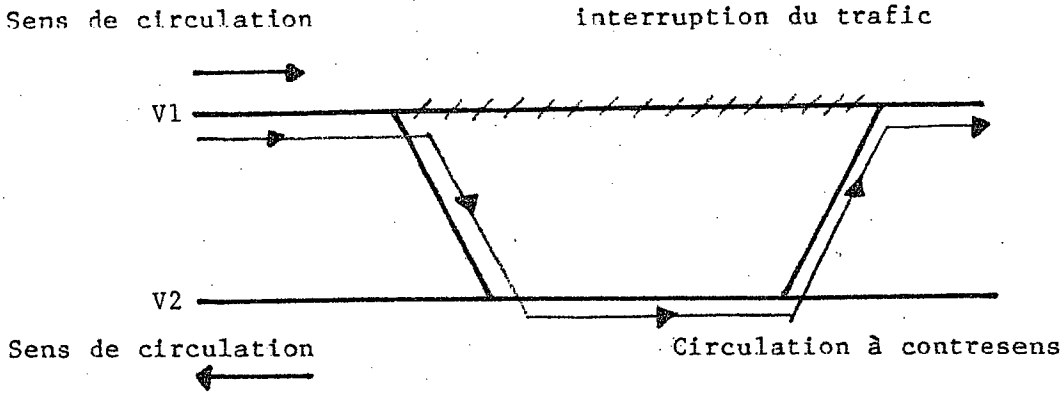
1 2

En première analyse, on peut considérer que ces deux configurations déterminent deux classes de problème: dans le premier cas, le problème posé à l'opérateur concerne la récupération du retard d'un train (1), alors que dans le deuxième cas de figure, la récupération du retard de ce train devient sans objet étant donné que c'est l'ensemble du processus qui est perturbé. Ce dernier problème dispose de ses solutions spécifiques: la Voie Unique Temporaire (VUT) et le Service Provisoire (SP).

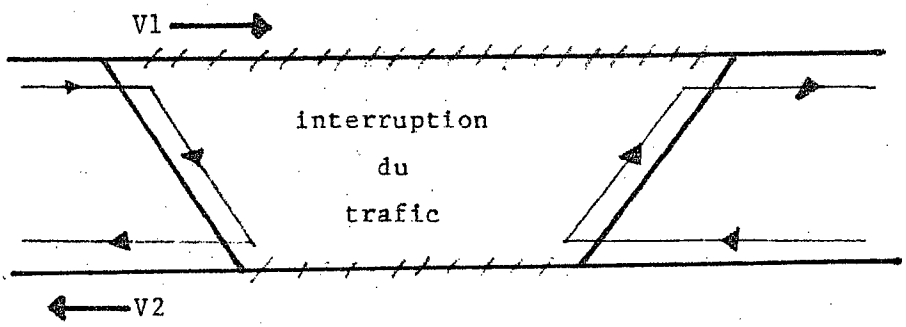
---

(1) La voie de dépassement permet de modifier l'ordre de succession des trains; théoriquement il n'y a pas de perturbation du processus puisque les trains suivants ne sont pas bloqués par le train avarié. On verra plus loin que cette description n'est qu'approximative: la planification des mouvements d'équipe détermine des contraintes d'ordre entre les trains.

Voie Unique Temporaire: circulation alternée à contresens sur une seule voie



Service Provisoire: création de terminus intermédiaire en ligne



Remarque:

Les voies de dépassement ne sont pas très nombreuses en ligne, mais par ailleurs, les incidents nécessitant l'installation d'une VUT ne sont pas eux non plus très fréquents.

La probabilité d'occurrence la plus élevée concerne ainsi les incidents se produisant à un endroit où il n'y a pas de voie de dépassement mais dont la gravité (i.e. la durée) est telle qu'elle n'entraîne pas l'installation d'une VUT.

Pour la commodité de l'exposé, l'analyse développée ci-dessous se situe dans le premier type de configuration (existence d'une voie de dépassement); elle peut être aisément généralisée en prenant en compte la durée d'immobilisation du train, comme suit:

b) Durée d'immobilisation des trains

Lorsqu'un incident se produit en un lieu où il n'existe pas de voie de dépassement, on considère que l'opérateur est confronté à n problèmes de récupération de retard: autrement dit, le nombre de trains retardés (n) est fonction de la durée d'immobilisation du train avarié et chacun des n problèmes est indépendant des autres. Ainsi, tant que l'incident ne nécessite pas la mise en place d'une VUT, on peut considérer qu'il s'agit d'une addition des problèmes, c'est-à-dire en fait d'une augmentation de la charge de travail de l'opérateur et pas de l'occurrence d'un nouveau problème plus complexe ou en tout cas différent.

Il en résulte au niveau des applications qu'il convient davantage de redéfinir une organisation du travail lors de telles situations que de créer des outils spécifiques.

N.B.

On peut attirer l'attention par rapport à ce qui précède sur ce qui constitue une des principales difficultés du travail des opérateurs: s'il existe de toute évidence des incidents que l'on sait dès le départ catégoriser dans l'une ou l'autre des deux classes précédemment définies (incident train(s) ou incident processus), dans la majorité des cas, l'incertitude sur la durée de l'incident est importante. Les opérateurs sont conduits à prendre des décisions dans le risque:

Le risque pouvant être de développer une solution "lourde" (1) pour un incident court, ou inversement de ne pas mettre en jeu assez tôt ce type de solution et d'intervenir lorsque la situation est déjà très gravement perturbée.

3 - Formalisation des problèmes de gestion d'équipe

On considère un train donné: T0 (2) et le conducteur actuel qui lui est associé: C0. T0 et C0 sont réunis pour assurer une mission: m0.

---

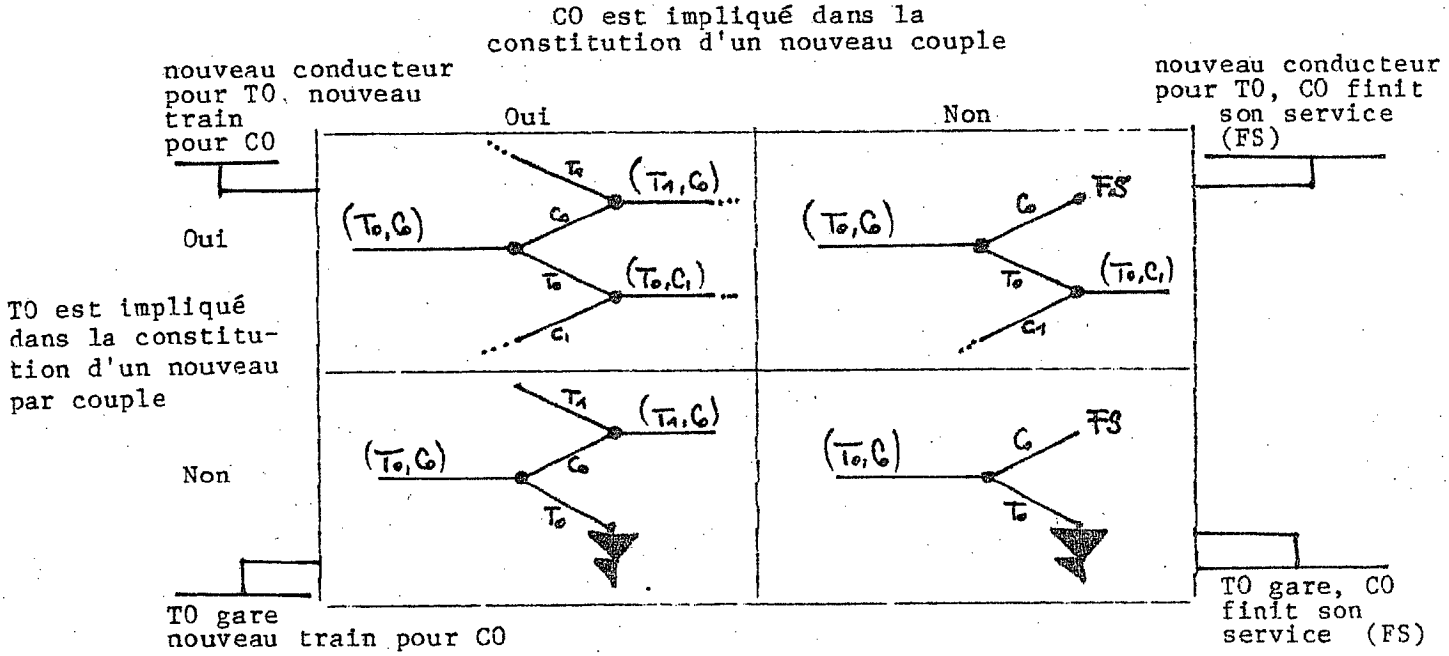
(1) L'installation d'une Voie Unique Temporaire ou d'un Service Provisoire sont des opérations coûteuse en temps et qui nécessitent une interruption de trafic.

(2) On utilisera les conventions d'écriture suivantes:
- T0 représente le matériel, i.e. la réalité physique du train,
- C0 représente "le titulaire" (pour utiliser le vocalubaire en vigueur à la RATP),
- (T0,C0) représente un couple train-conducteur
- m0,m'0,m"0 représentent les missions successives du couple (T0,C0).

3.1 On peut considérer différents états ultérieurs possibles du couple (T0,C0) après sa mission actuelle m0 :

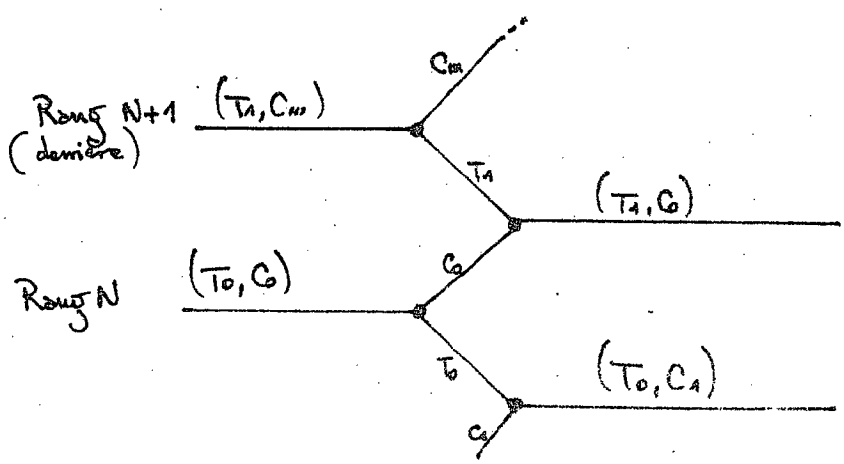
a) Conservation du couple (T0,C0) le train reste pris en charge par le même conducteur après passage dans les terminus. Il n'y a pas de changement de conducteur, pas de relève, (T0,C0) m0 ⟶ m0' ⟶ m0" plusieurs missions successives sont assurées par le même train et le même conducteur.

b) Modifications du couple (T0,C0): on peut distinguer plusieurs cas de figure suivant qu'ii y a ou pas constitution de nouveaux couples train-conducteur, soit les quatre situations suivantes:

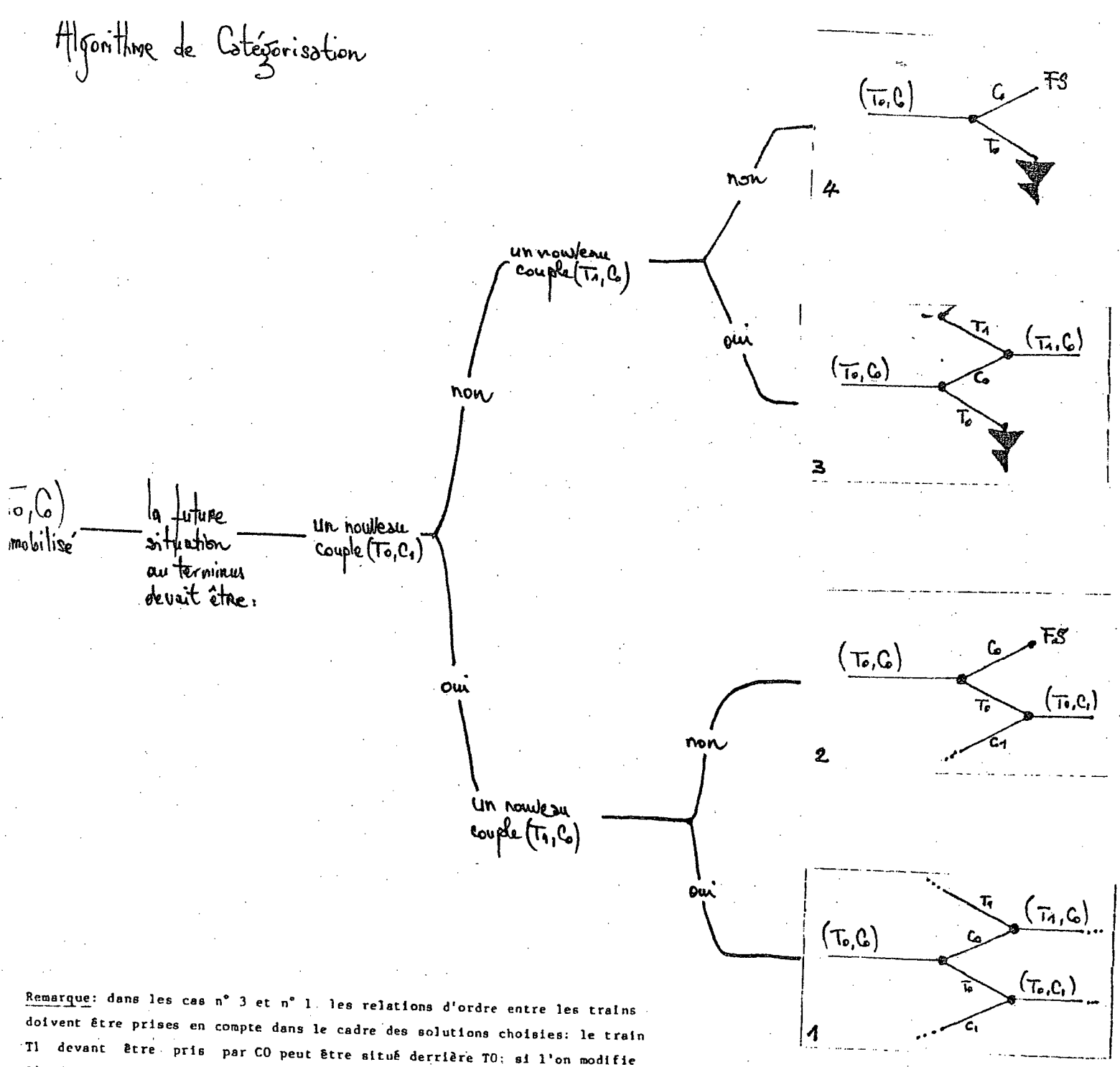


3.2 Contrainte d'ordre entre les éléments de couples successifs

Considérons le cas où il y a constitution de deux nouveaux couples, soit:



Algorithme de Catégorisation



- Incident sans répercussion sur l'exploitation (mis à part le retard des voyageurs du train avarié).

- Il n'y a pas de contrainte de rapatriement du train T0.
- Le risque est d'avoir quelque part un train (T1) sans son conducteur (T0).
- Le problème du régulateur est de trouver un conducteur pour le train T1 (réserve ou rapatriement de C0).

- Il n'y a pas de contraintes de rapatriement de C0.
- Le risque est d'avoir quelque part un conducteur (C1) sans son train (T0).
- Le problème du régulateur est de trouver un train pour le conducteur C1 (réserve ou rapatriement de T0)

- Cas le plus complexe puisqu'on a à la fois les risques des cas n° 2 et n° 3.
- C'est dans cette configuration que l'on trouve les "glissements d'équipe".

Remarque: dans les cas n° 3 et n° 1 les relations d'ordre entre les trains doivent être prises en compte dans le cadre des solutions choisies: le train T1 devant être pris par C0 peut être situé derrière T0: si l'on modifie l'ordre de marche entre T0 et T1 alors T1 se retrouve sans conducteur.

Soit (T0,C0) un couple ayant une mission de rang N dans l'ordre de marche des trains et (T1,C...) un autre couple ayant une mission de rang N+1.

Au passage dans un terminus, s'il y a éclatement du couple (T0,C0), C0 peut se retrouver impliqué dans la constitution d'un nouveau couple dont le matériel est de rang N+1, il existe alors une contrainte d'ordre entre les éléments des deux couples.

Autrement dit, une modification de l'ordre de marche entre (T0,C0) et (T1,C...) détermine l'occurrence d'un problème: l'absence du conducteur C0 pour le train T1 (1) pour assurer la mission suivante.

3.3 Algorithmes de catégorisation

Pour chacun des cas de figure décrit ci-dessus, nous avons élaboré un algorithme décrivant de façon théorique la procédure de résolution correspondant au problème spécifique posé.

Ces algorithmes décrivent aussi la succession des prises d'informations sur les différents documents de travail à la disposition des opérateurs (2); ils sont présentés en extension en Annexe I et nous n'en présentons ici que la partie relative à la catégorisation des problèmes.

3.4 Mode opératoire

Les données recueillies lors de la première approche du travail de régulation laissent supposer que les opérateurs ne traitent pas de façon très fine les données relatives à la gestion des équipes et que les différents cas de figure décrits ci-dessus ne sont pas différenciés (systématiquement).

Ceci peut être illustré à partir du tableau ci-dessous: il porte sur les données recueillies lors de l'expérimentation précédente (simulation de la résolution de problèmes).

---

(1) Il sera parfois fait référence à de tels cas de figure en utilisant le vocabulaire RATP, on parlera de "glissement d'équipe".
Equipe = conducteur.

(2) Ils ont été élaborés à partir de certaines données recueillies lors de la première expérimentation et progressivement mis au point par entretien avec les opérateurs et par étude de cas.

Les organigrammes présentés ci-dessus permettent de prédire l'occurrence de prises d'informations relatives aux contraintes d'ordre entre les trains lors de l'élaboration de certaines solutions, notamment en cas de suppression ou de dépassement.

Le tableau montre l'occurrence de telles prises d'information lors de l'adoption de solutions déterminant des modifications de l'ordre de marche.

	Nb de solutions de modification de l'ordre	Nb de prises d'information sur les contraintes d'ordre
Pb 1	1	
Pb 2	5	
Pb 3	4	2
Pb 4	5	
Pb 5	7	
Pb 6	4	4
	26	6

Tableau 1

Occurrence des prises d'information
sur les contraintes d'ordre de marche
en fonction des décisions de modification
de cet ordre

Les prises d'information sont principalement réalisées dans le cadre de suppression de mission (suppression du train avarié - Pb3 - ou modification de point de retournement - Pb6 -). Elles n'apparaissent pas, dès lors qu'il ne s'agit que d'un simple dépassement.

Un autre aspect concerne la nature des prises d'information sur les données relatives aux conducteurs celles-ci concernent en tout et pour tout:

- l'identification des numéros de conducteur
- l'existence d'un changement de conducteur (relève)
- l'existence d'un "glissement de conducteur" (contrainte d'ordre)

Toujours par rapport aux organigrammes, il est possible de prédire des prises d'information plus précises telles que la durée du temps de service, de la disponibilité de tel conducteur, la mission ultérieure...

Enfin, nous présentons en Annexe II, la description précise d'une procédure de résolution adoptée par un opérateur.

On peut la résumer ici en disant que l'opérateur développe une solution en se plaçant a priori dans un cas de figure déterminé, celui de l'absence de changement de conducteur (conservation du couple actuel) alors que dans l'incident proposé il y a une modification du couple.

Ces observations nous ont conduits à faire l'hypothèse d'une difficulté de diagnostic chez les régulateurs pouvant être plus précisément caractérisée à travers un phénomène de réduction des problèmes.

Autrement dit, les opérateurs ne traiteraient pas l'ensemble des données pertinentes pour l'établissement d'un diagnostic correct (identification des contraintes pour le couple considéré), mais celui-ci serait posé à partir des variables relatives à l'un seulement des éléments du couple train-conducteur. Plus concrètement, les opérateurs auraient tendance à privilégier les données relatives aux caractéristiques des trains: un incident serait uniquement défini par rapport aux contraintes horaires figurant dans le graphique théorique.

Si cette hypothèse de réduction de l'espace du problème se trouvait fondée, alors on pourrait s'attendre à des diagnostics incomplets et à l'adoption de solution non optimale.

On peut alors prédire des modifications des algorithmes de résolution théoriques: la réduction de l'espace du problème signifie que pour une branche donnée, celle-ci n'est pas suivie jusqu'au bout et/ou que pour un problème donné, l'opérateur peut suivre une branche à la place d'une autre, c'est-à-dire qu'il traite un problème à la place d'un autre (ou encore que pour lui les deux problèmes n'en font qu'un).

S'il est vrai que les problèmes ne sont pas distingués par rapport aux informations relatives aux équipes, alors la distinction entre les différents cas de figure présentée au paragraphe 3.1 ne sera pas réalisée. Les prédictions très concrètes qui découlent de cette analyse sont les suivantes:

a) un opérateur confronté à un problème dans lequel le train avarié gare ne se préoccupera pas des données relatives au conducteur.

b) les opérateurs ne se préoccuperont pas des contraintes d'ordre entre les trains (mis à part dans les points de retournement où les contraintes d'ordre sont la règle (glissement)).

Ainsi, l'aménagement des documents de travail ou la conception de nouveaux outils devrait dès lors intégrer un aspect d'aide au diagnostic ayant pour but de faciliter la distinction entre les différents cas de figure.

4 - Conception d'un prototype d'aide au diagnostic

Les difficultés de diagnostic supposées ci-dessus peuvent être interprétées en termes de difficulté d'accès aux informations pertinentes; outre les problèmes de fiabilité des informations liés à la gestion manuscrite des documents (1), il ressort que certaines informations sont soit totalement inaccessibles (disponibilité des conducteurs à un instant donné dans un terminus donné), soit doivent être élaborées par un traitement (calcul de la durée de disponibilité d'un conducteur entre 2 relèves ou du résidu de temps de service).

De plus, le problème de l'intégration par l'opérateur de ces informations est aussi d'importance: il est aisé à partir des algorithmes qui ont été élaborés de simuler l'utilisation des documents actuels et il apparaît que la résolution du problème suppose un aller-retour constant entre les différentes aides au travail et une mémorisation de certaines informations.

Compte tenu de ce qui précède, un système adapté d'aide au diagnostic doit présenter les caractéristiques suivantes

- faciliter l'identification des contraintes relatives au conducteur ou l'absence de contraintes,
- mettre en évidence l'existence des contraintes d'ordre entre les trains.

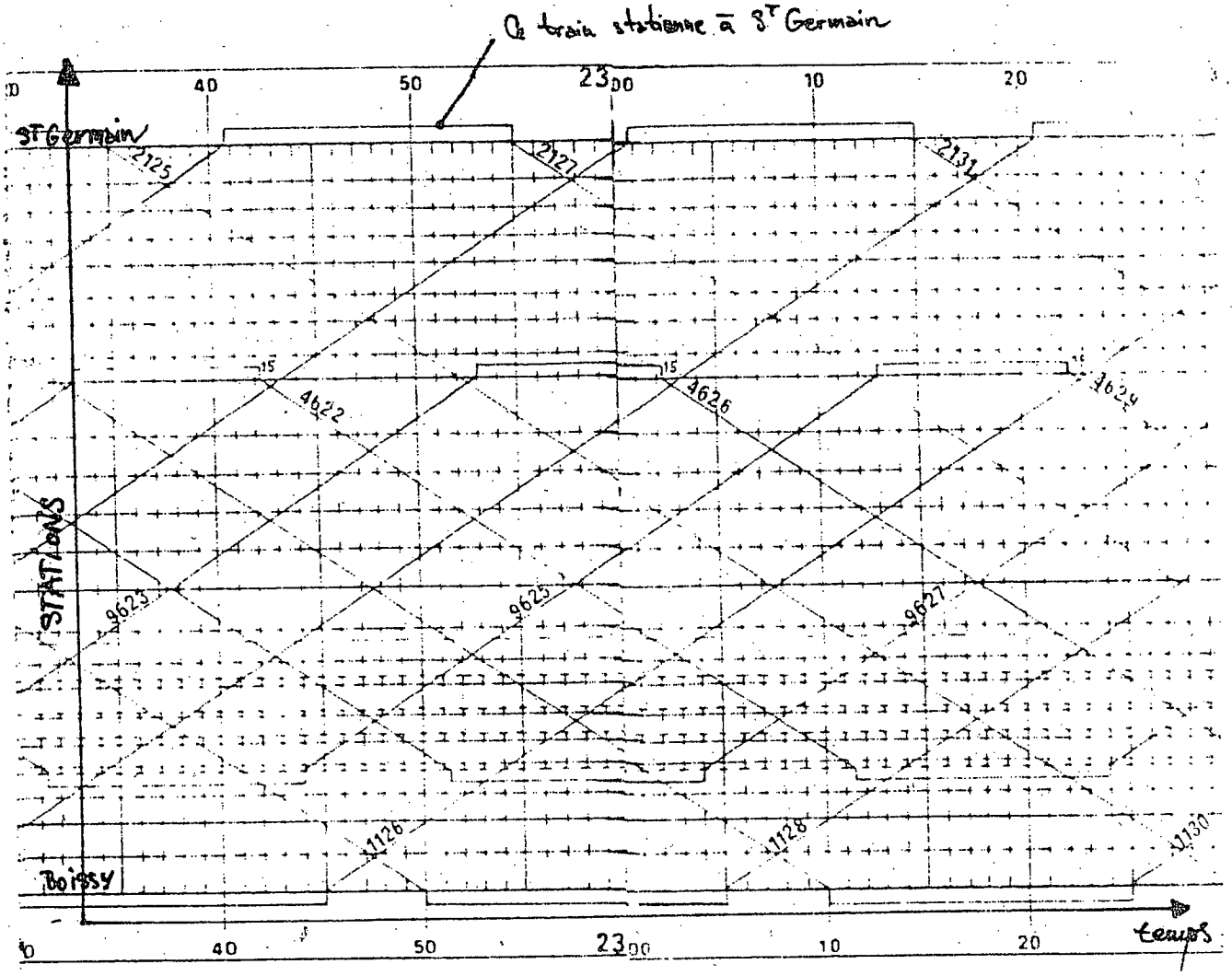
En vue de faciliter la lecture et l'utilisation du nouveau document, nous avons choisi de conserver la structure du principal outil de travail des opérateurs: le graphique de marche.

Sur la trame constituée par la représentation espace-temps, on a figuré sous une forme graphique le suivi des différents conducteurs

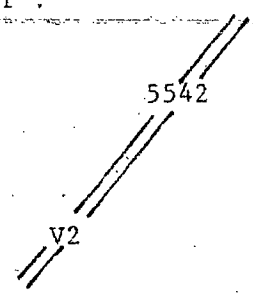
---

(1) Cf. Analyse du travail de contrôle d'un réseau ferré recherche des inadaptations du système homme-machine. RER8005 - R02.

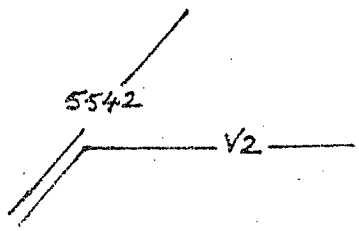
Dans la représentation usuelle, les parcours des trains sont représentés par des droites et toute parallèle à l'abscisse signifie une immobilisation (stationnement, retournement).



Dans la représentation adoptée pour le prototype on figure le couple train-conducteur sous la forme de 2 traits parallèles. Par exemple le couple (5542,V2) est représenté par :

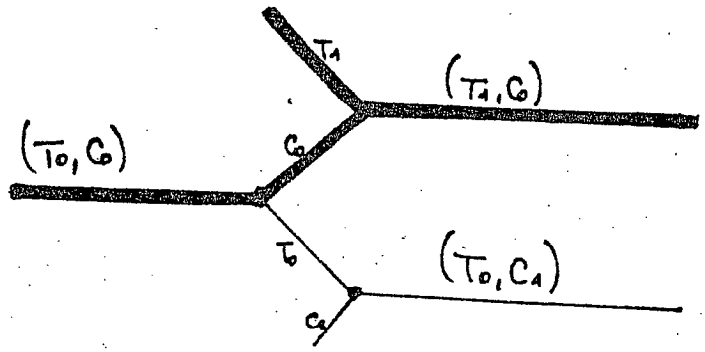


Lorsqu'il y a constitution de nouveaux couples, les parallèles sont dissociées soit:

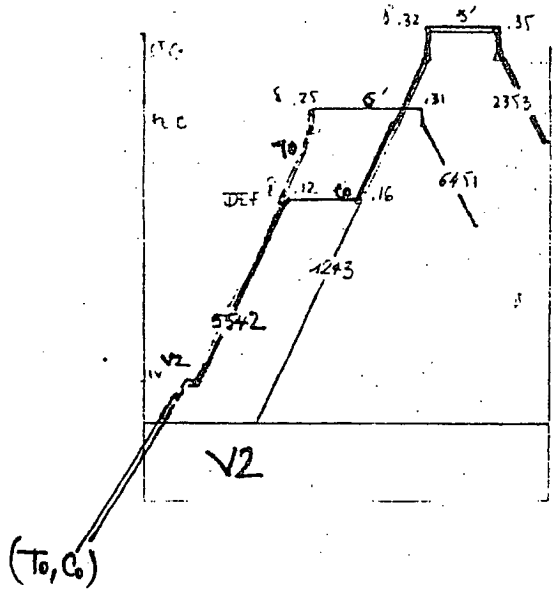


Le dispositif est par ailleurs divisé en 3 zones (voir ci-contre).

1. La zone supérieure représente le suivi du conducteur CO, elle permet d'identifier le train (T1) que prendra CO après abandon du train TO; soit par exemple la structure:



Seuls les éléments en caractère gras sont représentés dans la partie supérieure.



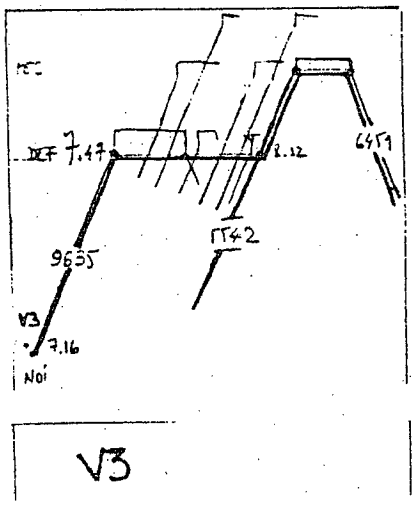
- (TO,CO) = (5542,V2)
- A La Défense (8h12) il y a un changement de conducteur: V2 descend et est impliqué dans la constitution du couple (1243,V2)

N.B.: Le train 1243 est de rang N+1 dans l'ordre de marche, il existe une contrainte d'ordre.

Nous avons rajouté certaines informations constituant des prétraitements:

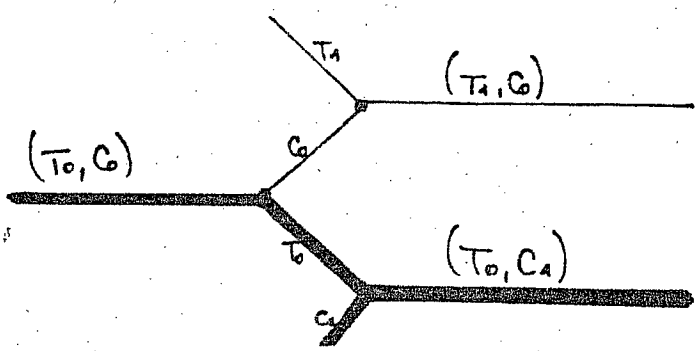
- Heure de départ des trains
- Heure d'arrivée
- Heure de la relève
- Durée du battement du conducteur
- Durée du retournement du train

2. La partie inférieure du dispositif représente le suivi du train TO: elle permet d'identifier le nouveau conducteur (C1) - s'il existe - et de savoir d'où il vient, soit:



$(T_0, C_1) : (TT42, V3)$

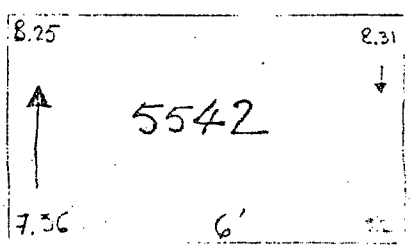
Soit



Seule la partie en caractère gras est représentée dans la zone inférieure.

3. La partie centrale regroupe certaines informations synthétiques relatives à la circulation du train:

- numéro de la mission actuelle
- Heure de départ de la mission actuelle
- Heure d'arrivée de la mission actuelle
- Durée du retournement
- Heure de départ de la mission suivante
- Heure d'arrivée de la mission suivante



5 - Expérimentation

5.1 L'expérimentation décrite ci-dessous a un double objectif:

a) Il s'agit tout d'abord de mettre à l'épreuve l'hypothèse de la réduction des problèmes par les opérateurs.
Si certaines des données précédemment recueillies vont dans ce sens, elles ont été obtenues par le biais d'une technique particulière: la prise d'information à la demande (1). Il convient donc ici de vérifier que les opérateurs ne traitent pas une partie des données bien qu'ils aient sous les yeux leurs documents de travail habituels.

b) Bien évidemment, il s'agit de tester le prototype présenté ci-dessus et en l'occurence de savoir dans quelle mesure la présentation des nouvelles informations permet l'adoption de solutions plus adaptées, ou, en d'autres termes dans quelle mesure elle permet d'élargir l'espace du problème

Accessoirement, on s'efforce aussi de valider les algorithmes présentés plus haut: certaines solutions apparaissent possibles sur le papier et elles seront discutées avec les opérateurs.

5.2 Matériel

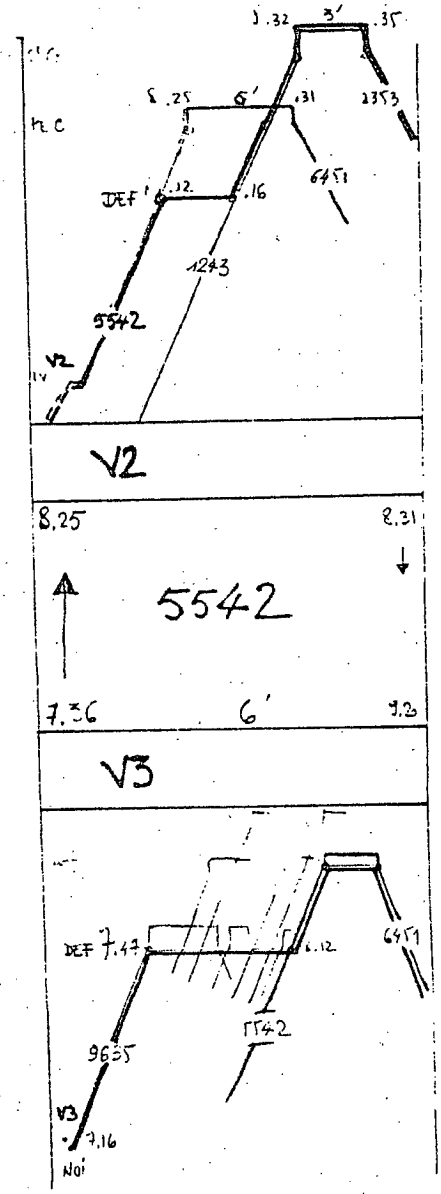
Huit incidents (2 pour chacun des cas de figure décrits au paragraphe 3.1) ont été isolés à partir d'une analyse systématique (non exhaustive) des documents de travail. Pour chacun de ces incidents, on a construit une nouvelle forme de présentation de données relatives aux équipes.

5.3 Procédure expérimentale

Il s'agit d'une simulation de résolution de problèmes: chaque incident est présenté à chaque sujet sous une première forme de présentation - documents usuels - La tâche est d'élaborer le plus rapidement possible la solution qu'il adopterait sur sa position de travail (Cf. Annexe III).

---

(1) Rappelons que cette technique consiste à placer l'opérateur dans une situation de prélèvement d'information: il ne dispose d'aucun document et a pour tâche de demander toutes les données qui lui sont utiles pour la résolution des problèmes proposés.



Prototype de Présentation d'information

A l'issue de cette première phase, on propose au sujet les mêmes problèmes (1) sous la deuxième forme de présentation - prototype.

Pour chaque sujet, les éventuels effets d'ordre de présentation des problèmes ont été neutralisés entre les deux positions.

Quatre chefs de régulation ont passé l'expérience ainsi qu'un cadre connaissant parfaitement le travail de régulation et pouvant être considéré comme un expert, au même titre que les autres opérateurs.

La durée de la passation s'est révélée beaucoup plus longue que prévue (de l'ordre de 2h30).

Nous avons alors réduit le matériel expérimental de moitié et quatre incidents seulement ont été présentés aux sujets.

L'analyse présentée ci-dessous porte sur 20 protocoles. Les quatre problèmes retenus sont présentés en Annexe III.

6 - Résultats

6.1 Suivi des équipes (1)

Un premier résultat concerne la possibilité de réaliser un suivi des équipes à partir du seul graphique de marche. Ceci peut être décrit de la manière suivante: lors de l'expérimentation nous avons fourni aux opérateurs les documents utilisés sur la position de travail et décrivant chacun les états théoriques des éléments des couples train-conducteur: l'un présentant les états théoriques des variables relatives aux trains (graphique de marche), l'autre les états théoriques des variables relatives aux conducteurs (tableaux de présence).

Certains aménagements manuscrits du premier outil ont été décrits par ailleurs (3) et, entre autres, nous avions remarqué que les opérateurs y reportaient les données élémentaires du second document (n° d'équipe, lieu de relèves...).

Ces ajouts étaient décrits comme un système commode permettant une manipulation plus aisée des documents de travail.

---

(1) La construction du matériel est réalisée à partir des données réelles. Cette analyse est longue et délicate et n'a pu être exhaustive. Les incidents recensés ne permettent pas de construire 2 problèmes équivalents et tels que l'on puisse présenter le premier sous une forme et le second sous une autre, toutes choses égales par ailleurs.

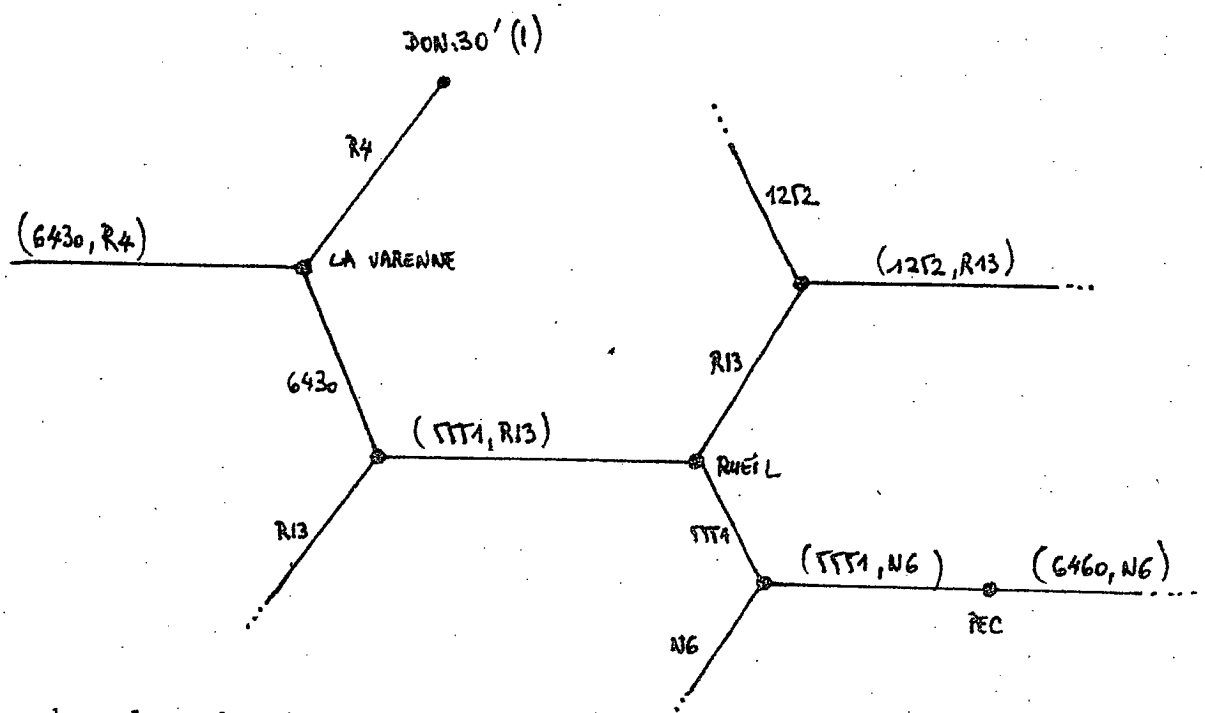
(2) Par commodité de langage on appelera "suivi des équipes" l'identification des missions successives d'un conducteur donné.

(3) Cf. Rapports précédents R01, R03.

En fait, plus qu'un système de correspondance entre les différents outils, le report manuscrit des numéros d'équipe apparaît comme un système opératoire à partir duquel on peut réaliser un suivi des équipes en faisant l'économie de l'utilisation des tableaux de présence.

On peut l'illustrer à travers l'exemple suivant, extrait des réponses du sujet 2 au problème n° 1: (S2.1).

Le sujet envisage la suppression du couple (6430,R4) dont la structure est la suivante:



dans le cadre de la suppression le sujet, directement à partir du graphique, prélève des informations sur les missions des conducteurs successifs du train 6430 soit R4,R13,N6.

Il existe ainsi une modalité particulière de lecture du graphique de marche consistant à rechercher le numéro du conducteur à proximité du lieu de la relève, soit la représentation graphique (voir page suivante).

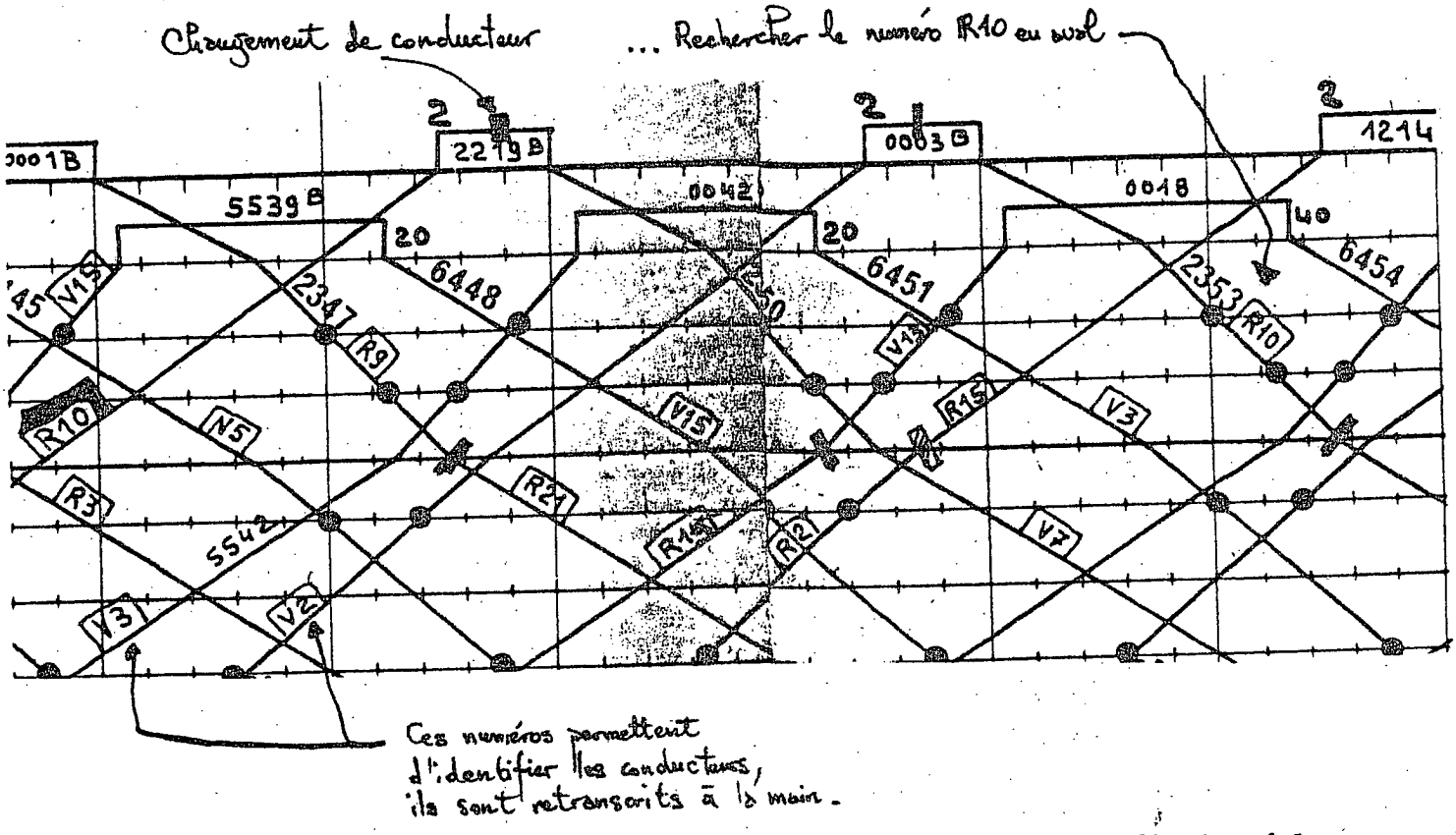
Cependant, il est apparu au cours de la passation que les opérateurs avaient parfois des difficultés d'identification des missions des conducteurs.

Ces difficultés apparaissent dans des cas bien précis qui mettent en évidence les limites des aménagements manuscrits du graphique: les numéros d'identification des conducteurs ne sont pas systématiquement répertoriés ou facilement localisables, en effet dès lors qu'un conducteur termine

---

(1) Disposition: disponibilité du conducteur pendant 30'.

son service, le numéro correspondant disparaît du graphique et la mission de conducteur ne peut alors être connue que par la consultation des tableaux de présence; ou bien lorsqu'un conducteur "circule en voyageur", le numéro ne peut être retrouvé qu'après une recherche minutieuse et systématique.



Dans l'analyse présentée ci-dessous, nous avons distingué les problèmes selon l'efficacité de ce mode de lecture:

- le prototype est en grande partie conçu pour faciliter l'accès aux informations par rapport à l'utilisation des tableaux de présence: on comprend alors que si ces derniers ne sont pas manipulés, le nouveau dispositif perd de son intérêt dans de telles situations: il n'est pas compétitif avec le système mis au point par les opérateurs.

Nous proposons donc tout d'abord une première analyse des problèmes dans lesquels le graphique à lui seul permet une résolution adaptée (problèmes 1 et 4), moins centrée sur l'évaluation de l'efficacité du prototype que sur la mise en évidence des difficultés rencontrées par les opérateurs au cours de la résolution.

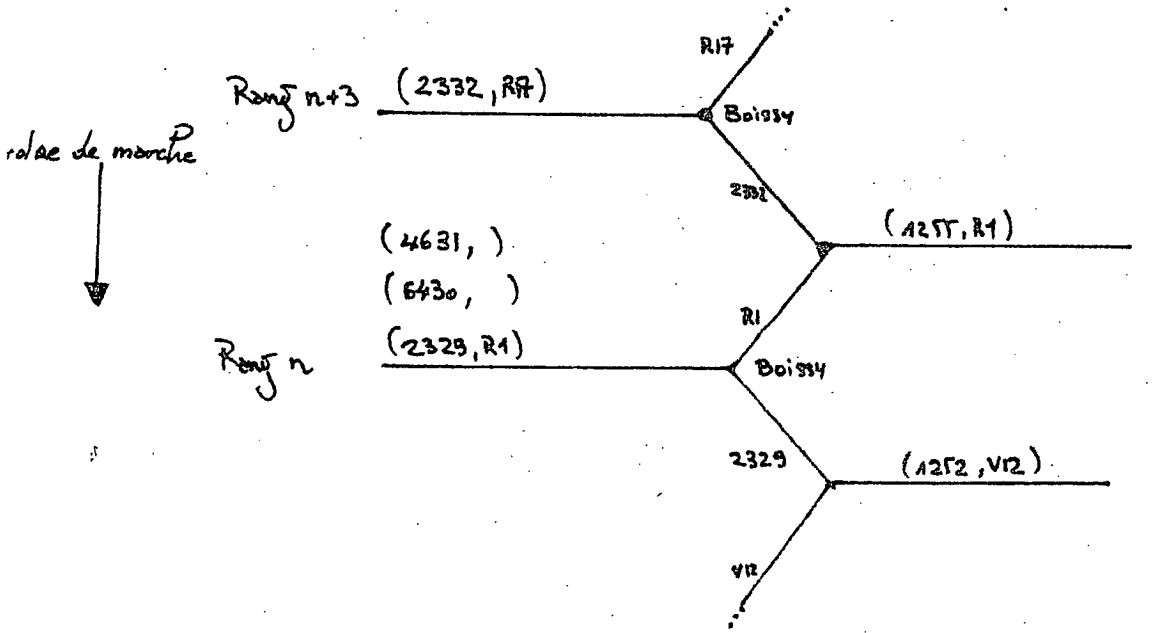
Puis nous examinerons de façon plus détaillée les protocoles recueillis pour les problèmes 2 et 5, dans lesquels les outils usuels se révèlent incomplets ou insuffisants.

6.2 Résolution d'incident à l'aide des documents usuels

a) Structure du problème 1: (2329,R1)

Caractéristique de l'incident:

- Heure du début de l'incident: 7h17
- Lieu: Rueil (1)
- Durée du retard: 15'
- Etat ultérieur des éléments du couple (2329,R1)



Le problème:

- La durée du retard est telle que l'on peut envisager la modification de l'ordre de marche pour trois trains successifs: 6430, 4631, 2332,
- Il existe une contrainte d'ordre entre les trains 2329 et 2332: c'est le conducteur du premier qui assurera la mission du second.

---

(1) Tous les incidents se produisent en un lieu tel que la modification de l'ordre de marche puisse être aisément réalisée.

b) Les solutions:

Codage: "+" représente une solution compatible avec la structure du problème. Ici il s'agira de solutions respectant la contrainte d'ordre entre les trains 2329 et 2332.

On a de plus repéré les aménagements des solutions (A), i.e. les cas où les données relatives aux conducteurs sont prises en compte.

Un aménagement réalisé en P2 (1) prend ainsi le statut d'une modification de la solution adoptée en P1.

Le Tableau ci-dessous résume l'ensemble des réponses.

Présentation

S	P1	P2
S1	+	+ A
S2	+	+
S3	+	+ A
S4	+ A	+
S5	+	+

Tableau 2: Compatibilité des solutions avec la structure du problème et aménagement en fonction des données relatives aux conducteurs.

Commentaire: la plupart des solutions utilisées sont des glissements de matériel (2) (4/5) ayant pour effet de respecter la contrainte d'ordre existant dans le problème. Ainsi dès la première présentation les solutions sont adaptées.

(1) On parlera de "P1" pour la première présentation (documents usuels) et de "P2" pour la présentation du prototype.

(2) Solution consistant à faire partir un autre train à la place du train avarié.

Le seul sujet qui envisage la suppression du train (S4) identifie immédiatement la contrainte d'ordre à partir du seul graphique et planifie les mouvements de conducteurs sans utiliser le prototype.

Il n'y a pas de transformation d'une présentation à l'autre; les seuls aménagements réalisés en P2 (S1 et S3) concernent respectivement la prise en compte du retard du conducteur (le sujet développe une stratégie de récupération de ce retard alors qu'il n'envisageait auparavant que la récupération de retard du train), ou la prise en compte de sa disponibilité (planification de substitution de train au terminus d'arrivée).

Certaines difficultés apparaissent dans l'élaboration des solution de substitution de matériel par rapport à:

- l'identification de l'ensemble des solutions applicables: des solutions non réalistes sont parfois étudiées en détail par les sujets avant abandon.
- la planification de glissements successifs: des substitutions exclusives les unes par rapport aux autres peuvent être envisagées dans le cadre d'une même solution; ou encore, la planification réalisée rend plus critique la situation (réduction des délais de récupération du train avarié). Ceci peut être illustré à travers l'exemple suivant:

Chronologie des départs:



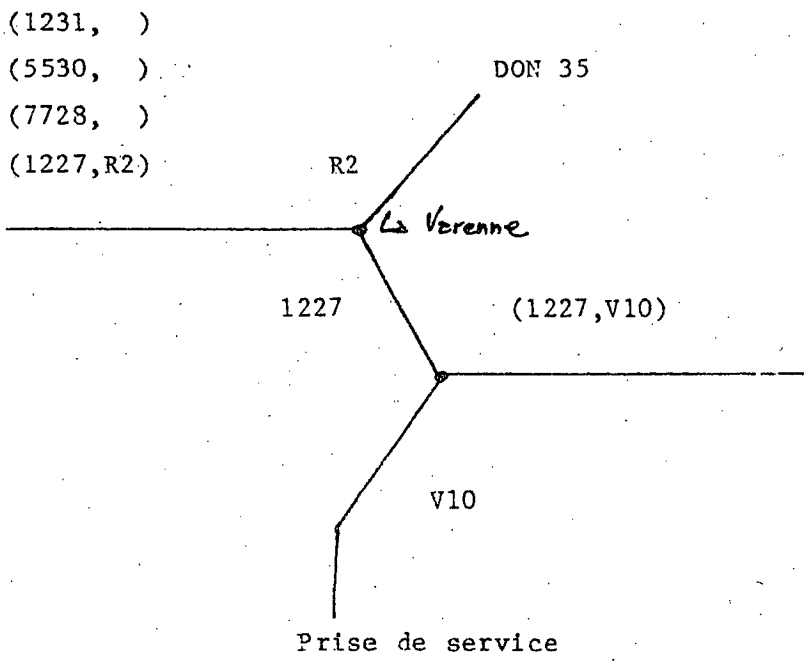
1. Le sujet envisage d'assurer le départ du train avarié en utilisant le matériel prévu pour le train 6433 et une suppression de ce dernier.

2. Il propose ensuite, au lieu de supprimer le 6433 d'utiliser le 0031 pour assurer la mission du 6433.
   Dès lors le problème devient: trouver un train pour assurer la mission prévue pour le 0031 et l'opérateur dispose de moins de temps pour régler ce problème.

c) Structure du problème 4: (1227,R2)

Caractéristique de l'incident:

- Heure de début de l'incident: 6.37
- Lieu : Boissy St Léger
- Durée du retard: 11'
- Etat ultérieur des éléments du couple (1227,R2)



Le problème:

- La durée du retard est telle que l'on doit envisager la modification de l'ordre de marche pour deux trains successifs: 7728, 5530.
- Il y a une relève en ligne (La Varenne) et pas de contrainte de rapatriement du conducteur R2.

d) Les solutions

On a utilisé le même codage que précédemment et le tableau résumé l'ensemble des réponses.

S	P1	P2
S1	+	+
S2	+	+ A
S3	+ A	+ A
S4	+ A	+
S5	+	+ A

Tableau 3: Compatibilité et aménagement des solutions pour le problème 4.

Commentaire

- Toutes les solutions sont ici aussi des substitutions de matériel. L'incident se produit tôt (6h37) et les dégarages ne sont pas terminés, il y a ainsi possibilité de réaliser des échanges de matériel au terminus de départ.

- Dans tous les cas, les aménagements réalisés concernent une optimisation de la substitution; c'est-à-dire que plutôt que de faire partir le train avarié du terminus de départ, on réalise l'échange directement du lieu de la relève (cette solution est décrite dans les organigrammes théoriques et a pour effet de réduire considérablement le retard des trains).

- De nouvelles difficultés concernant cette fois la modification des missions des trains apparaissent ici. Cet élément de solution peut être décrit de la façon suivante: les modifications de mission concernent le train avarié et/ou les trains encadrant et ont pour objectif la récupération du retard des voyageurs.

Au début d'un incident tous les voyageurs présents sur les quais en aval à l'heure de passage théorique du train sont concernés par le retard. Cependant les trains ne vont pas tous au même terminus et ils ne s'arrêtent pas aux mêmes stations, il en résulte que la durée maximale du retard d'un voyageur est variable suivant l'endroit où il se trouve.

On peut ainsi réduire la durée de l'attente d'un voyageur en rendant omnibus un train semi direct ou en prolongeant la course d'un train qui devait s'arrêter en amont.

Certaines modifications de mission proposées par les opérateurs sont envisagées après le passage d'autres trains permettant de récupérer le retard: cette observation met l'accent sur la difficulté de planification des différents éléments de solution.

- On retiendra de cette première partie de l'analyse que les difficultés principales rencontrées par les opérateurs, tant lors des substitutions de trains que lors des modifications de mission concernent la planification cohérente des divers éléments de solution.

  Le seul outil dont disposent les opérateurs pour réaliser cette planification est le graphique de marche lequel fourni une représentation statique de l'état théorique du processus Les effets de toute transformation apportée à la situation actuelle (c'est-à-dire la solution: suppression, dépassement...) doivent être inférés par l'opérateur. Ces difficultés d'extrapolation pourraient être à l'origine de problèmes de coordination entre le régulateur et les opérateurs situés sur le terrain: transmission d'ordres contradictoires, incomplets...

- Certaines des solutions théoriques décrites par les organigrammes ont été envisagées par les sujets; cependant, il apparaît que leur application suppose un excellent fonctionnement des systèmes de communication, ce qui expliquerait en grande partie la rareté de leur mise en oeuvre.

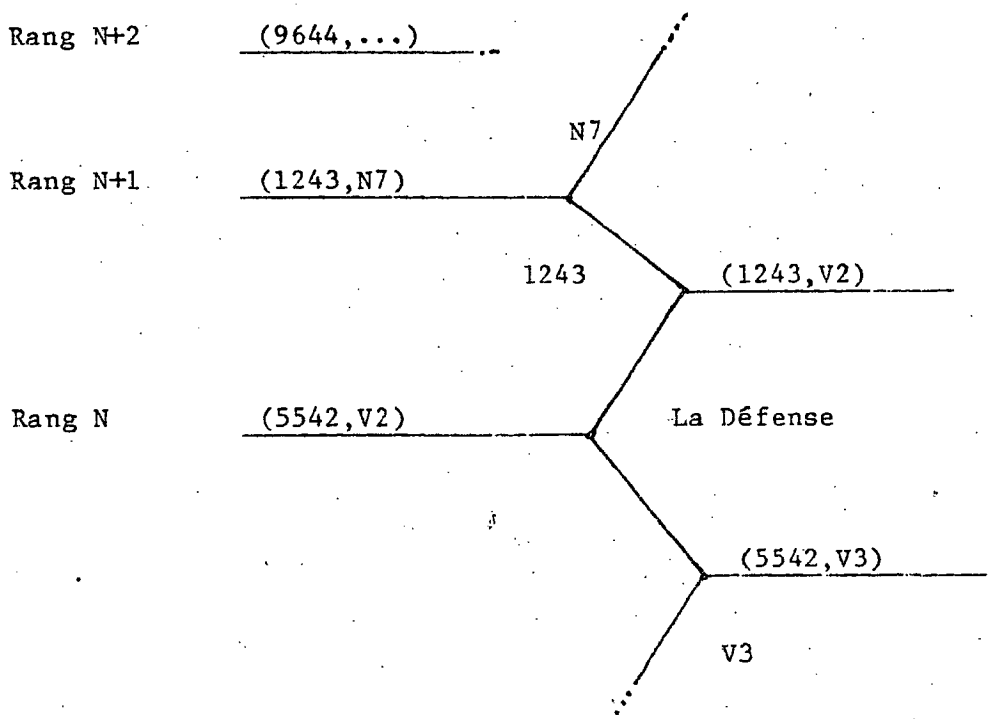
6.3 Résolution d'incident et prototype

La suite de l'analyse concerne donc les problèmes 2 et 4 pour lesquels le prototype se révèle compétitif par rapport aux documents usuels; nous nous attacherons donc à mettre en évidence les transformations des solutions liées à la présentation du nouveau dispositif.

a) Structure du problème 2 (5542,V2)

Caractéristique de l'incident:

- Heure de début: 7h35
- Lieu: La Varenne
- Durée du retard: 9'
- Etat ultérieur des éléments du couple (5542,V2)



Le problème

- La durée du retard est telle que l'on doit envisager la modification de l'ordre de marche de deux trains successifs: 1243, 9644.
- Il existe une contrainte d'ordre entre les trains 5542 et 1243, c'est le conducteur du premier qui devra continuer la mission du second.

b) Les solutions

"+" signifie ici que la solution utilisée respecte la contrainte d'ordre entre les trains 5542 et 1243.

"__" signifie que la contrainte d'ordre n'est pas respectée

"A" signifie que le diagnostic du problème est réalisé et que les sujets élaborent une solution prenant en charge la résolution du problème du conducteur.

Le tableau 4 résume les réponses des sujets.

S	P1	P2
S1	-	- A
S2	-	+
S3	+	-
S4	+	+
S5	-	+

Tableau 4: Compatibilité des solutions avec la structure du problème.

Commentaire

Dans tous les cas, la modification de l'ordre est envisagée comme possible, même par les sujets développant une solution permettant de conserver l'ordre de marche (S3, S4), et l'on peut donc dire qu'il n'y a aucun diagnostic de la contrainte d'ordre à la première présentation du problème.

- Les solutions utilisées en P2 dont radicalement différentes: elles consistent à remplacer une modification de l'ordre par une substitution de train (sauf un sujet -S1- qui conserve la même solution).

- Il semble pour un sujet y avoir une dégradation de la performance (S3). On peut dire qu' à la première passation, le sujet envisage les deux solutions principales (subsitution ou modification de l'ordre , il n'y a donc pas de diagnostic du problème) et que c'est finalement cette dernière qu'il retient en P2. L'utilisation du prototype le conduit à planifier certains mouvements d'équipe cependant la solution qu'il propose permet dans le meilleur des cas de récupérer une partie du retard du train avarié mais ne concerne pas le problème d'absence du conducteur pour le train 1243.

- Nous développons ci-dessous une solution utilisée par un opérateur qui nous paraît être une bonne illustration de ce que pourrait être une optimisation de la résolution par la prise en compte des données relatives à la gestion des conducteurs: le chef de régulation identifiant la disponibilité d'un conducteur (1243,N7) réalise un échange de conducteur; il place sur le train retardé (5542,V2) le conducteur devant être disponible soit (5542,N7) et le remplace par le conducteur retardé soit (1243,V2).

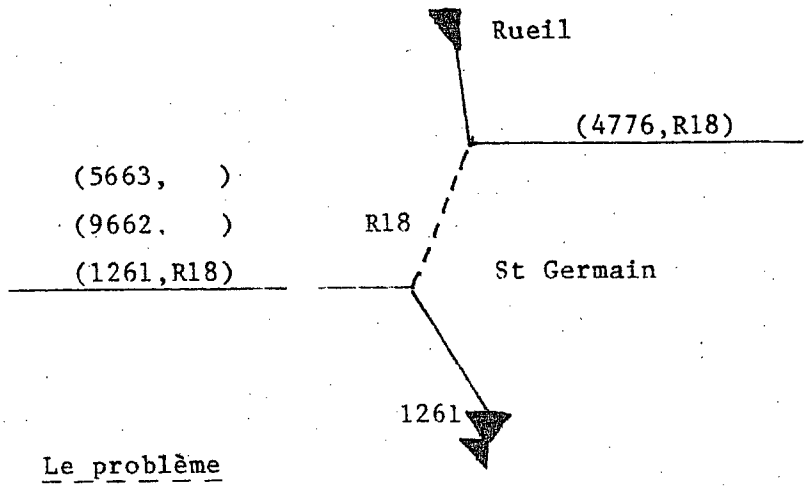
Situation de départ:	Solution	Situation après la solution
- Retard 5532 - Retard V2 - Contrainte d'ordre	Echange V2xN7	Retard 5542

L'opérateur a supprimé la contrainte d'ordre en modifiant le lieu de la relève, le seul problème devient celui de la récupération du retard du train 5542

c) Structure du problème 5 (1261,R18)

Caractéristiques de l'incident

- Heure du début de l'incident: 8h48
- Lieu: La Varenne
- Durée du retard: 10'
- Etat ultérieur des éléments du couple (1261,R18)



Le problème

- La durée du retard est telle que l'on doit envisager la modification de l'ordre de marche de deux trains successifs 9662,5563.
- Le conducteur R18, laissait son train à St Germain (il est garé par un autre conducteur), descend "en voyageur" à Rueil où il dégare le train 4776

d) Les problèmes

"+" signifie ici que la solution utilisée n'entraîne pas de répercussion sur le dégarage du train 4776, i.e. le retard du conducteur R18 est récupéré d'une façon ou d'une autre.

S	P1	P2
S1	-	-
S2	-	+
S3	-	+
S4	-	-
S5	-	+

Tableau 5: Compatibilité des solutions avec la structure du problème.

Commentaire

- Il n'y a aucun diagnostic de la contrainte du conducteur à la première présentation du problème et ceci peut être saisi aussi bien à travers les solutions développées par les sujets que par leur commentaire sur la situation: dans la majorité des cas, les solutions utilisées en P1 sont des modifications de l'ordre de marche des trains (sauf 1 substitution de train S4) auxquelles sont généralement associées des modifications de mission.

- La présentation du prototype détermine des transformations parfois radicales des solutions (substitution au lieu de modification de l'ordre) sinon, les aménagements réalisés vont dans le sens d'une récupération du retard du conducteur.

- Le nouveau dispositif ne permet cependant pas systématiquement l'établissement d'un diagnostic correct (cf. S1 et S4).
  Plus qu'un problème intrinsèque à la forme de présentation utilisée, cela pourrait traduire une difficulté de lecture plus générale liée à l'absence de présentation d'une donnée importante: l'identification du conducteur responsable des garages (1).

- En effet, pour un sujet (S1), il existe en P2 un aménagement de la solution mais sur la base d'un diagnostic érroné: utilisation de conducteur de réserve pour le garage du train avarié, en vue de récupérer le retard du conducteur, mais ce n'était pas ce dernier qui assurait le garage. Pour le sujet 4, l'échec du dispositif paraît davantage lié à une hiérarchisation très stricte des objectifs: l'opérateur indique très clairement que la nature des opérations prévues lors de l'arrivée du train ne l'intéresse pas pour le moment et qu'il s'agit tout d'abord pour lui de "résoudre l'incident".

- Une solution particulièrement élaborée est analysée en détail ci-dessous dans le cadre d'une formalisation des solutions de substitution.

---

(1) Il s'agit en fait d'un changement de conducteur dans un contexte différent du contexte habituel.

7 - Réduction de l'espace du problème et efficacité du prototype

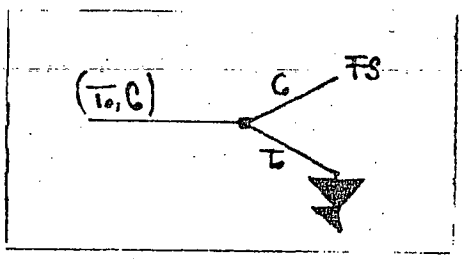
A l'issue de cette analyse, il convient de répondre aux deux questions à l'origine de l'étude: la réduction de l'espace du problème par les opérateurs et l'efficacité du nouveau dispositif. Pour cela, nous présentons une synthèse des données recueillies sous la forme d'un modèle du travail des opérateurs dans lequel nous essaierons de restituer les principaux résultats.

7.1 Objet du travail des opérateurs (1)

L'objet du travail des régulateurs est constitué des répercussions d'un incident donné, et l'objectif poursuivi par les opérateurs est la réduction de ces répercussions. Cette notion peut être opérationnalisée en considérant qu'elle réalise la synthèse de trois retards différents, initialisés simultanément au début d'un incident:

- le retard des voyageurs
- le retard du train avarié
- le retard du conducteur

Ces trois retards peuvent évoluer de façon totalement différente suivant la structure du problème posé, soit

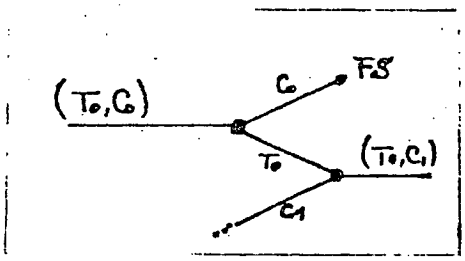
1) 

Seul problème: récupération du retard des voyageurs pour la course actuelle

---

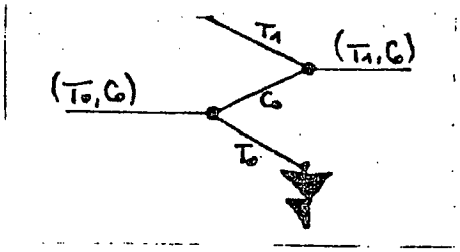
(1) Au sens défini par A. Bisseret: i.e. ce que l'opérateur a pour objectif de transformer.

2)



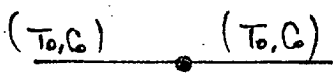
Pb: - récupération du retard des voyageurs pour la course actuelle.
- récupération du retard du train pour la course suivante.

3)



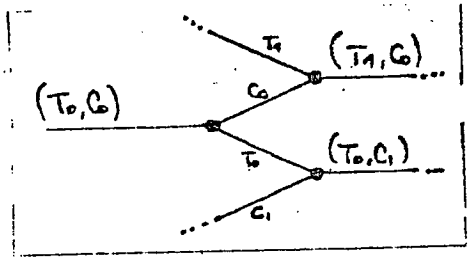
Pb: - récupération du retard des voyageurs pour la course actuelle.
- récupération du retard du conducteur pour une mission ultérieure.

4)



Pb: - récupération du retard des voyageurs pour la course actuelle.
- récupération du retard du conducteur et du train pour la course suivante.

5)



Pb: - récupération du retard du train pour la course suivante.
- récupération du retard du conducteur pour une mission ultérieure.
- récupération du retard des voyageurs pour la course actuelle.

7.2 Les processus de travail

On peut distinguer 2 processus de travail principaux:

- Le diagnostic porté sur la situation
- La résolution des incidents

a) Diagnostic

Le processus est complexe; il intègre un grand nombre de facteurs et de connaissances empiriques; on peut le décomposer en deux aspects principaux:

- L'identification d'une classe de problème: il s'agit de situer l'incident dans l'une des deux classes (incident train/incident processus) en tenant compte du lieu de l'incident et en procèdent à une évaluation de la durée d'immobilisation du train. Compte tenu de l'incertitude relative à l'évolution de certaines variables définissant la situation voire de l'absence d'information en provenance du terrain, cette évaluation relève plus probablement d'une tâche de catégorisation que de la mise en jeu d'opérations mathématiques (calcul de durée): il s'agit de classer les incidents en 3 catégories: court/long/indéterminé.

- L'évaluation des répercussions: ce processus réalise la synthèse de l'évolution des 3 retards définis ci-dessus. Ici non plus le processus ne repose pas sur des calculs mais intègre un certain nombre de connaissances empiriques telle que: la charge de la ligne en fonction de la période d'exploitation, du sens de circulation pondérée par rapport à la mission du train avarié.

C'est par rapport à ce processus d'évaluation des répercussions qu'il convient de situer la réduction de l'espace du problème par les opérateurs. Par réduction, on signifie que le diagnostic porté sur une situation problème n'est réalisé qu'à partir de la prise en compte d'un nombre limité de variables.

Ceci détermine l'établissement d'un diagnostic incomplet, l'application d'une solution non optima et l'émergence de problèmes ultérieurs. Cette réduction nous paraît effective et peut être mise en évidence à partir du tableau ci-dessous.

On peut décrire les protocoles sous la forme d'un pattern de réponses, succession de 2 réponses codées "+" ou "-" selon que la solution utilisée est compatible ou pas avec la structure théorique du problème posé pour chaque présentation.

Le tableau 6 présente la distribution des protocoles recueillis dans chacun des 4 patterns possibles.

	+ +	+ -	- +	- -
Pb 2	1	1	3	
Pb 5			3	2
	1	1*	6	2	10

Tableau 6: Distribution des réponses pour les problèmes 2 à 5.

A la première présentation des problèmes, 8 réponses sur les 10 enregistrées concernent le choix de solutions non compatibles avec la structure du problème posé (patterns "-+" et "--").

L'interprétation en termes de réduction de l'espace du problème s'appuie sur les commentaires des sujets: devant le problème n° 5, dans tous les cas, les opérateurs indiquent explicitement qu'ils se réfèrent au garage du train pour en déduire l'absence de problème d'équipe.

Il apparaît que les opérateurs ne prennent pas en compte les données relatives aux conducteurs lors de l'élaboration d'un diagnostic sur la situation d'incident et que les solutions développées ne concernent pas la récupération du retard du conducteur.

Dès lors se pose la question de l'efficacité du dispositif: elle peut être formulée dans les termes d'un élargissement de l'espace du problème, c'est-à-dire dans quelle mesure le prototype induit-il le traitement des données pertinentes?

---

*:L'analyse du pattern "+-" enregistré pour le problème 2 a été réalisée ci-dessus (Cf. paragraphe 6.3b). Rappelons ici qu'il s'agit du cas d'un sujet qu'à la première présentation envisage les deux solutions (substitution de train ou modification de l'ordre) et que c'est cette dernière qu'il conserve en P2. Il n'y a donc pas de diagnostic du problème d'ordre ni en P1, ni en P2.

On voit dans le tableau 6 que l'adaptation des réponses (- +) concerne 6 protocoles parmi les 8 pour lesquels la réponse est inadaptée à la première présentation et on a montré plus haut que le nouvel outil était en mesure d'induire une plus grande planification de la résolution. Un problème méthodologique se pose néanmoins: on ne peut imputer de façon certaine la transformation des solutions au seul effet du prototype. Si l'on prend en compte le fait que c'est le même matériel qui est présenté aux sujets, il est possible que cette répétition ait pu jouer.

Deux facteurs liés à la répétition pourraient être pertinents a priori pour rendre compte des transformations observées:

- Le temps de traitement des problèmes,
- La répétition en tant que deuxième exercice d'un processus de raisonnement (schéme) (1).

Cependant, on comprend mal comment pourrait jouer l'augmentation du temps du traitement.

Cela signifierait un traitement séquentiel des variables définissant le problème, c'est-à-dire:

1) Diagnostic du problème train, choix d'une solution.

Puis:

2) Diagnostic du problème conducteur et choix d'une solution conducteur.

C'est-à-dire que dans l'expérimentation, à la première présentation (P1) les sujets n'auraient pas en suffisamment de temps pour réaliser la deuxième partie du traitement.

Cette hypothèse ne nous paraît pas compatible avec les faits suivants:

- il n'existe dans la consigne aucune limite de durée pour la résolution autre que celle de rapidité de production d'une solution (réalisme de la simulation); de ce point de vue, il faut prendre en compte le fait que les opérateurs traitent les données relatives aux conducteurs pour les problèmes 1 et 4 dès la première présentation (2).

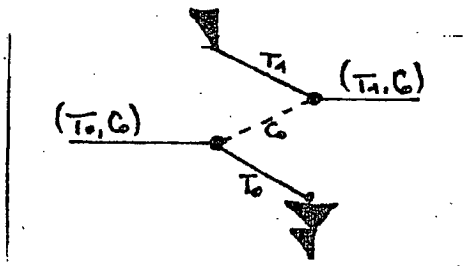
---

(1) Cf. Gruber: "Créativité et fonction constructive de la répétition". Bulletin de Psychologie 327 XXX, 3-9, 1976-1977.

(2) A ce sujet, le report manuscrit des numéros de conducteur peut apparaître comme un moyen d'élargir l'espace du problème. Cet aménagement se révèle insuffisant.

- les commentaires émis par les sujets sont significatifs de l'absence de diagnostic d'un problème pour les conducteurs.

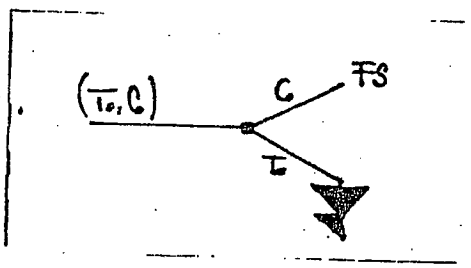
Structure du problème 5



Verbalisations spontanées des sujets

- "TO c'est un garage, c'est pas un problème
- "Il n'y a rien à faire, TO gare c'est terminé"
- "TO gare donc pas de problème"
- "Il n'y a pas de relève"
- "Il n'y a pas de problème d'équipe"

Le problème effectivement traité par les sujets est le suivant:



En ce qui concerne l'effet de la répétition proprement dite, les phénomènes étudiés par Gruber ne sont généralement mis en évidence qu'après un nombre relativement important d'essais successifs.

De plus, et cette remarque nous paraît conclure le débat, les appréciations des sujets sur l'efficacité du dispositif montrent la part importante que prend celui-ci dans l'aménagement des solutions.

Applications

Par rapport à la description ci-dessus, une aide au diagnostic effective peut être réalisée de la façon suivante:

1. On peut faire l'hypothèse que dans un certain nombre de cas il est possible de réduire l'incertitude sur l'évaluation de la durée de l'incident en jouant sur le contenu de l'information en provenance du terrain.

Il est en effet probable qu'actuellement les données transmises par les opérateurs sur le lieu de l'incident soient insuffisantes pour que le régulateur classe un incident ailleurs que dans la catégorie "indéterminée" et il s'agirait donc de réduire l'importance de cette dernière.

Cet aspect a été peu étudié jusqu'à présent et mériterait plus d'attention; ceci pourrait être réalisé dans le cadre de la formation des agents et déboucher par exemple sur l'installation d'une phraséologie.

2. En ce qui concerne l'évaluation des répercussions, il est donc apparu que jusqu'à présent les opérateurs n'y intègrent pas les conséquences d'un retard des conducteurs; en d'autres termes, la catégorisation réalisée s'appuie sur une seule variable (garage du train), soit une partition des incidents selon qu'il existe des répercussions sur l'autre voie ou pas.

   Nous proposons que le dispositif utilisé dans l'expérimentation constitue la base d'un premier aménagement des documents utilisés par les opérateurs.

Ce dispositif est en effet à même de combler les lacunes actuelles du graphique de marche, ce qui pourrait être réalisé de la façon suivante:

Graphique papier: compte tenu de l'existence d'une modalité particulière de lecture (1), il s'agirait de faire figurer les informations spécifiques sur les équipes uniquement lorsque cette modalité se révèle inefficace, c'est-à-dire:

- en cas de relève en ligne:
  - . provenance de l'équipe de relève
  - . mission ultérieure du titulaire.

- et suivant la mission ultérieure du titulaire:
  - . lorsqu'il y a un battement important
  - . ou que le conducteur finit son service.

---

(1) Il est nécessaire de conserver la transcription des numéros d'équipe sur le graphique; il serait souhaitable que cette inscription soit systématisée et prévue dès la conception du document, ainsi que les autres informations rajoutées par les opérateurs (quai d'arrivée, de départ, itinéraires...). Pour l'inscription des numéros d'équipe, il paraît utile de développer des règles d'écriture reposant sur la structure de couple train-conducteur: réécriture systématique de tout nouveau couple par exemple.

On peut ainsi éviter la surcharge du graphique et ne mettre en évidence que les cas particuliers. Il n'y a pas d'autre part de modification radicale du travail des opérateurs puisque l'aménagement s'appuie sur les habitudes de lecture du graphique.

Par ailleurs, il est possible de prolonger les aménagements par l'introduction d'informations prétraitées du type de celles qui ont été utilisées ici: indication en clair de la durée du retournement d'un train, du battement d'un conducteur, identification de l'opérateur responsable d'un garage, etc.

Graphique synthétique: dans le cas où l'on déciderait d'installer sur console le graphique théorique (1), il conviendrait alors de prévoir une procédure d'interrogation à la demande.

On peut concevoir dans ce cas, à partir de la visualisation d'un graphique épuré (peu d'information sont affichées en permanence) plusieurs modalités d'interrogation.

- soit après demande affichage d'informations complémentaires du type graphique papier (Cf. supra).

- soit affichage d'informations élémentaires; c'est-à-dire qu'au lieu d'avoir une visualisation synoptique des mouvements d'équipe, l'opérateur procède par interrogations successives pour les couples qu'il a lui-même choisi.

- soit encore, une combinaison des deux possibilités précédentes.

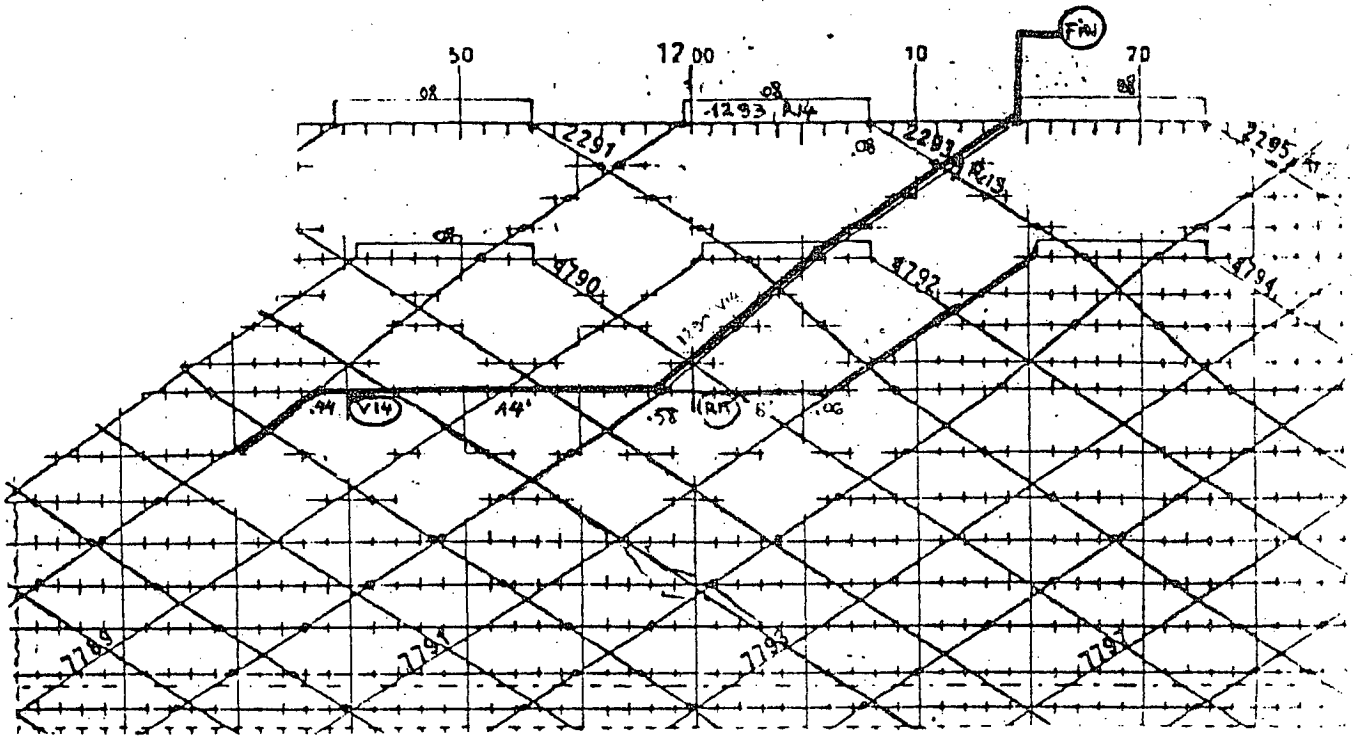
En ce qui concerne la forme de présentation des données relatives à la gestion des équipes, il est préférable, plutôt que de multiplier les dispositifs de présentation d'information en conservant la séparation spatiale des conducteurs (2) (titulaire/relève), de représenter sur le même

---

(1) Nous ne discuterons pas ici de la pertinence de cette option. Ce point fait l'objet d'un travail en cours mené en collaboration avec les responsables du projet et donnera lieu à une publication ultérieure.

(2) D'autant que la représentation utilisée (séparation spatiale des deux conducteurs) a parfois posé des problèmes de lecture aux opérateurs (rarement heureusement!) bien que nous ayons intégré une épreuve d'apprentissage au début de la deuxième présentation.

graphique et pour le même train simultanément le conducteur "titulaire" et le conducteur de relève en les distinguant par exemple par un codage couleur; une représentation approchée pourrait être la suivante:



Un réaménagement "ergonomique" du graphique et des tableaux de présence pourrait être envisagé et donner lieu à la réalisation d'une maquette en collaboration avec les dessinateurs de la RATP.

b) Résolution d'incident

Il s'agit de la phase qui succède immédiatement au diagnostic quelle que soit la classification réalisée.

L'objectif poursuivi est la limitation des répercussions et recouvre deux activités:

- la limitation de l'évolution des retards (voyageurs, trains, conducteur)
- la récupération du retard: cette deuxième activité se distingue de la précédente par le fait que l'on connaît l'importance du retard au moment du départ du train.

Limitation de l'évolution du retard

a) Une première solution consiste à limiter le nombre d'objets concernés par le retard par une modification de l'ordre de marche des trains (dépassement).
on a montré ici que l'application de cette solution nécessitait une prise d'information que sur contraintes d'ordre entre les trains qui n'est pas réalisée systématiquement. Cette observation conduit à attribuer à la présentation des données sur l'ordre de marche le statut d'une alarme.

b) Limitation de la durée d'immobilisation train avarié:
Les contraintes temporelles pour l'application de cette solution sont sévères: c'est l'intervalle entre deux trains successifs de mission identique qui définit le retard maximum d'un voyageur et donc le temps dont dispose le régulateur pour faire repartir le train avarié ou assurer une substitution de matériel.

c) Modification des missions des trains.
Nous avons décrit ci-dessus certaines difficultés rencontrées par les opérateurs lors de la planification des modifications des missions.

Application

En ce qui concerne l'assistance à la résolution de problème, celle-ci pourrait être réalisée principalement par rapport à la substitution de trains. On a montré ci-dessus les difficultés rencontrées lors de l'identification des solutions possibles.

Il s'agirait de faciliter cette identification en réorganisant la présentation des données. Ceci peut être envisagé à des degrés d'élaboration divers:

Par exemple: soit par la seule présentation des informations pertinentes, restructurées sur un écran
- localisation des trains de réserve
- liste des garages

- liste des dégarages
- localisation des conducteurs de réserve

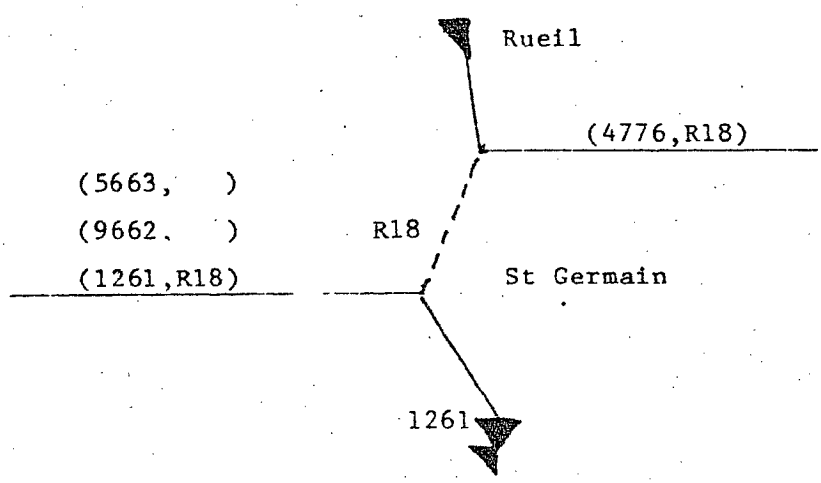
soit par la réalisation de pré-traitements et éventuellement une hiérarchisation des solutions utilisables parmi lesquelles l'opérateur pourrait choisir.

Nous illustrons ici cette dernière possibilité à partir de l'analyse d'une solution originale utilisée par un opérateur, pour le problème n° 5

Rappel

Structure du problème 5 (1261, R18)

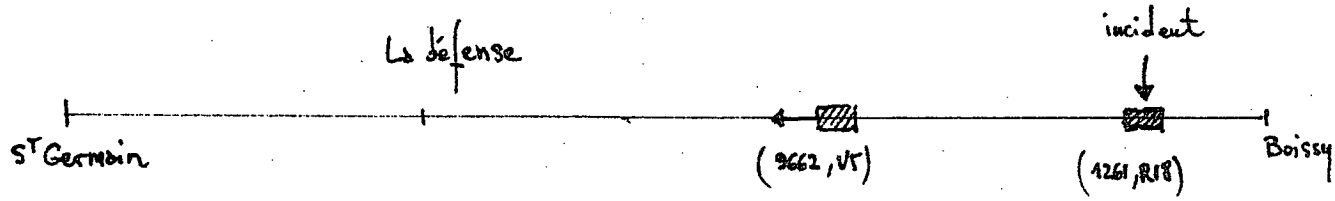
1. Caractéristiques de l'incident:
   - Heure du début de l'incident: 8h48
   - Lieu: La Varenne
   - Durée du retard 10'
   - Etat ultérieur des éléments du couple (1261 R18)



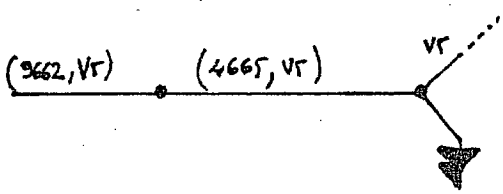
2. Le problème:
   - La durée du retard est telle que l'on doit envisager la modification de l'ordre de marche de deux trains successifs: 9662, 5563
   - Le conducteur R18, laisse son train à St Germain (il est garé par un autre conducteur), descend "en voyageur" à Rueil où il dégare le train 4776.

Analyse

- Le sujet réalise une substitution de train en ligne par le jeu des modifications de missions soit la succession des opérations suivantes:



- Le train (9662, V5) devait tourner à La Défense puis assurer la mission (4665, V5) puis garer, soit la structure complète:



- La mission du train (9662, V5) est transformée en (1261, V5): i.e. le train continue jusqu'à St Germain et gare. Le retard des voyageurs entre La Défense et St Germain est considérablement réduit.

- Le train (1261, R18) assure la mission prévue pour (9662, V5) soit (4665, R18) il n'y a aucun retard au départ de cette mission, le battement prévu étant important.

- Un conducteur de réserve est utilisé pour remplacer le conducteur R18 et assurer le dégarage du train 4776.

Les critères explicites utilisés par le sujet sont:

- Le garage des deux trains et l'absence de relève.

Il apparaît ainsi que, suivant la structure du problème posé et la structure des autres couples train-conducteur, des solutions originales peuvent être utilisées.

L'étude s'oriente actuellement vers la formalisation de la notion de compabilité entre couples et l'on cherche à organiser les différentes solutions possibles: c'est-à-dire, étant donné une structure, quelles sont les conditions devant être remplies pour que telle autre structure puisse lui être substituée avec le minimum de contrainte.

Nous présentons ci-dessous une première approximation de l'ensemble de substitutions possibles:

1. Un train de réserve part avec le conducteur du train avarié:
   La résolution est optimale (selon les délais de récupération du train). Il n'y a aucune contrainte temporelle pour le départ du train avarié.

2. Un train de réserve part avec un autre conducteur que le conducteur prévu:
   Il n'y a aucun contrainte du point de vue du départ du train avarié.

   2.1 Le conducteur est un conducteur de réserve:
   - le conducteur de réserve doit avoir une durée de service respectant les contraintes du service du titulaire.

   2.2 Le conducteur est le titulaire d'un autre train:
   - compatibilité des contraintes du conducteur du train avarié et du conducteur de substitution
   - problème de remise en place des équipes.

3. Un train affecté d'une mission part à la place du train avarié avec le conducteur prévu pour ce dernier:
   Le délai de réparation du train avarié est défini par l'heure de départ prévue pour le train de substitution

4. Un train affecté d'une mission part à la place du train avarié avec un autre conducteur que le conducteur prévu:

Le délai de réparation du train avarié est défini par l'heure de départ prévue pour le train de substitution

4.1 le conducteur utilisé est un conducteur de réserve

Ce conducteur doit avoir une durée de service respectant les contraintes du titulaire

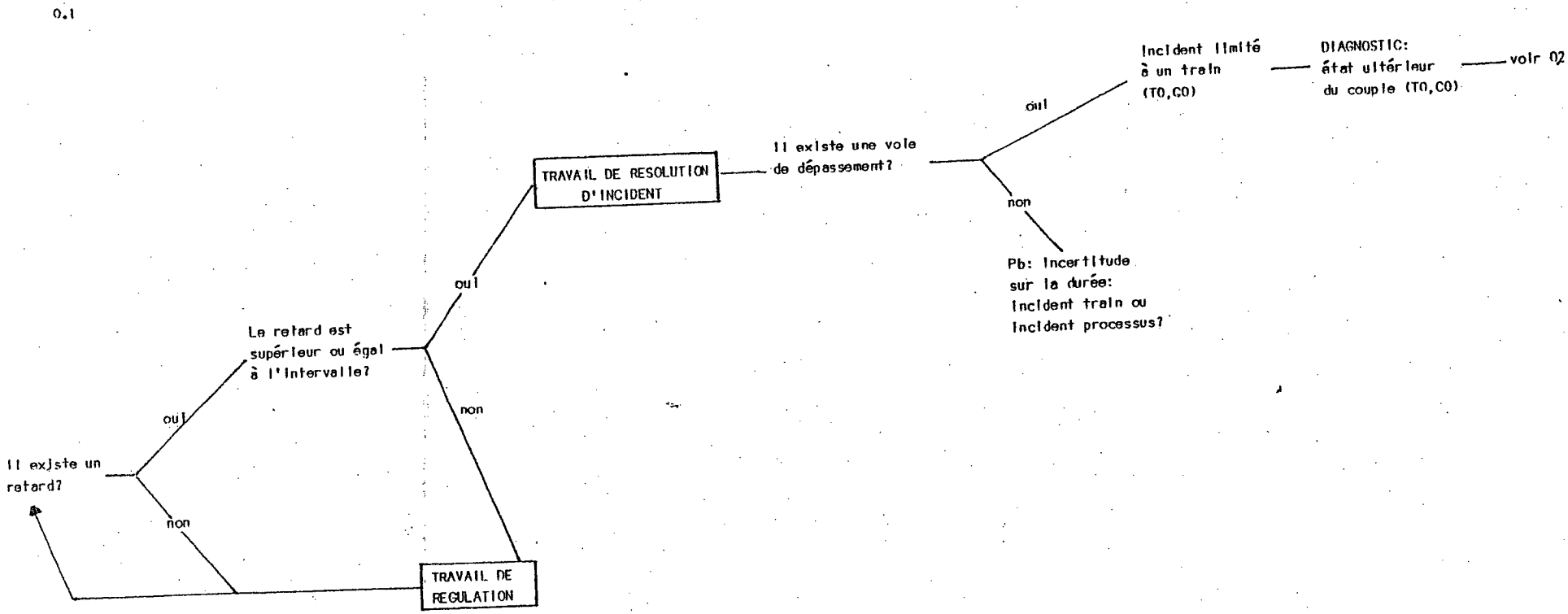
4.2 le conducteur est le titulaire d'un autre train

- compatibilité des contraintes du conducteur du train avarié et du conducteur de substitution.
- problème de remise en place des équipes.

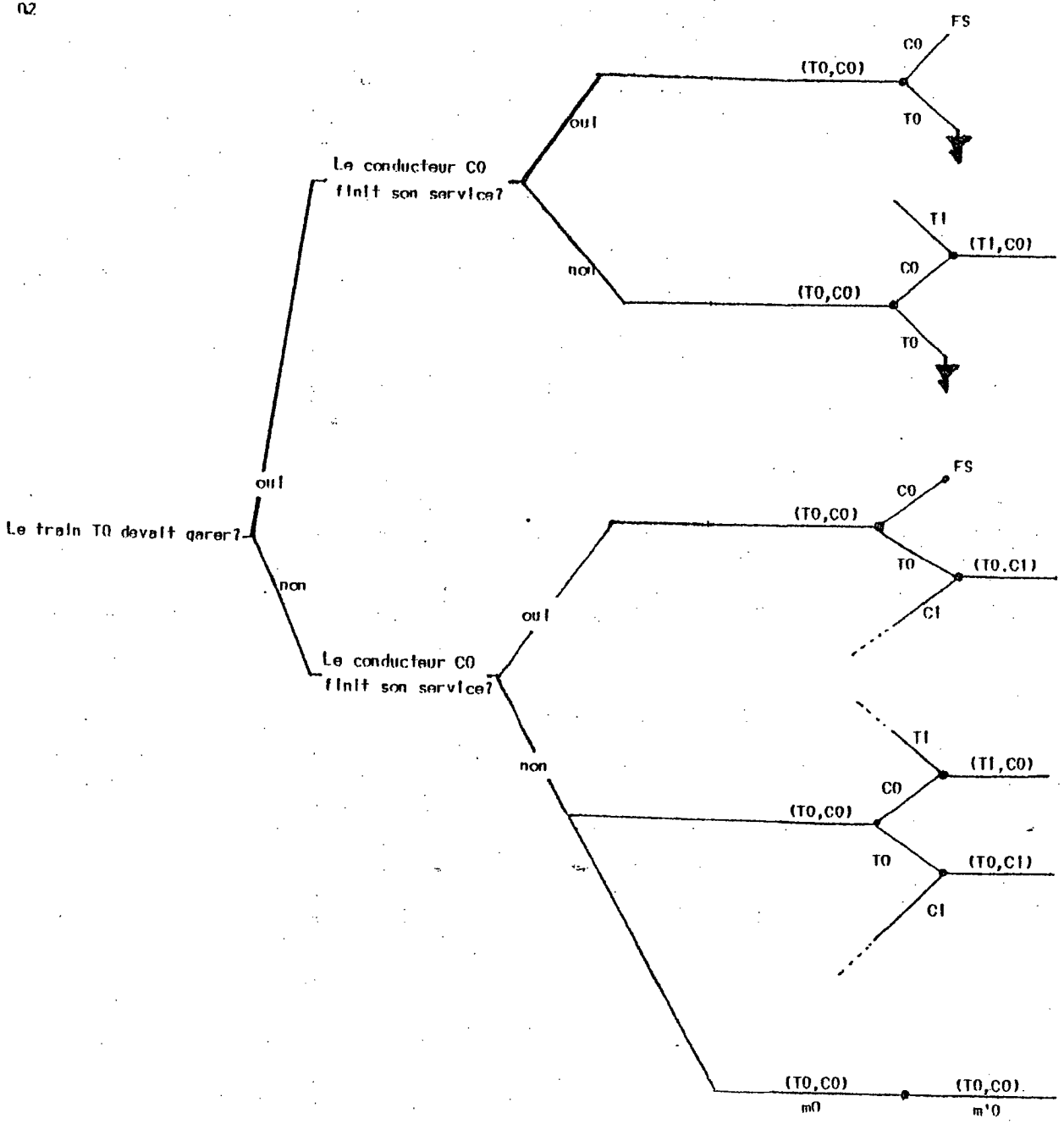
ANNEXES

ANNEXE 1

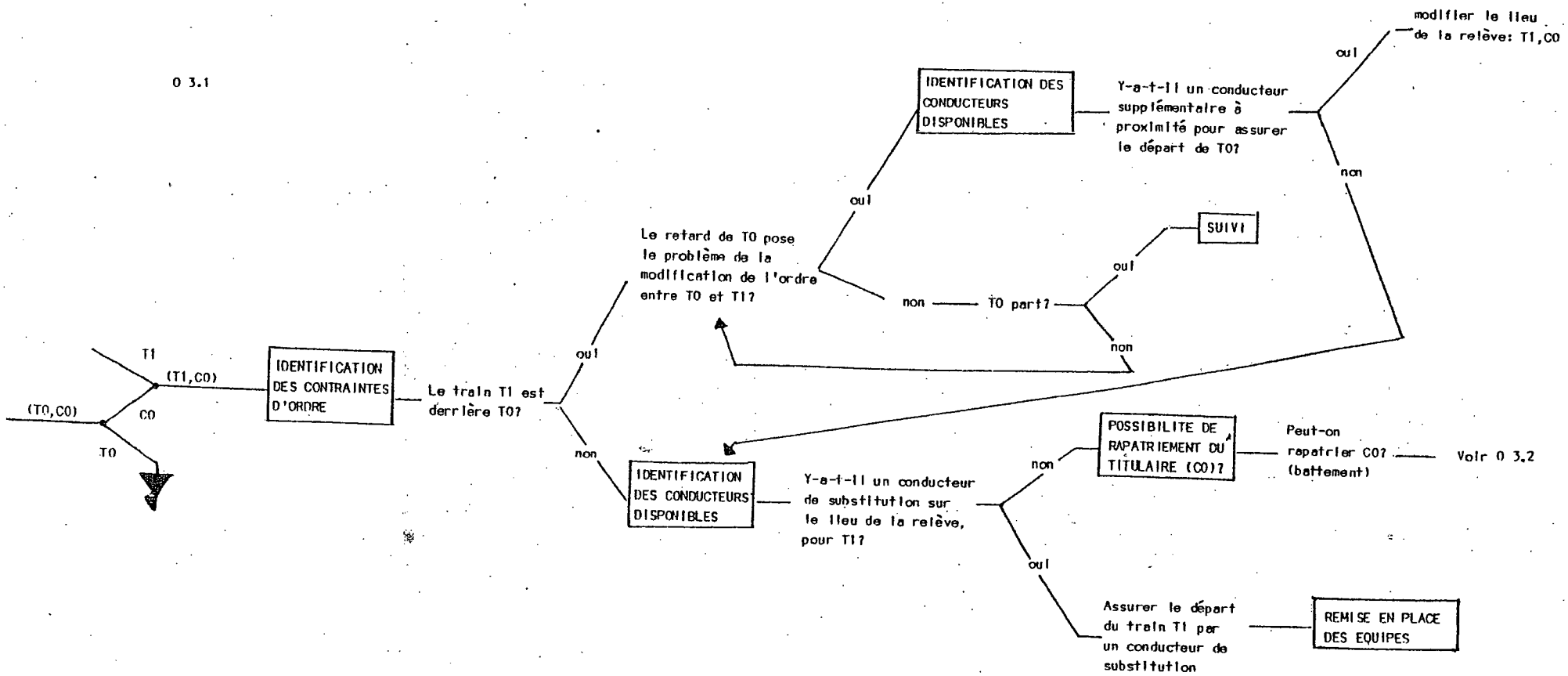
Algorithmes théoriques de résolution d'incident


0.1
Il existe un retard?
oui
non
Le retard est supérieur ou égal à l'intervalle?
oui
non
TRAVAIL DE REGULATION
TRAVAIL DE RESOLUTION D'INCIDENT
Il existe une voie de dépassement?
oui
non
Incident limité à un train (T0,C0)
DIAGNOSTIC: état ultérieur du couple (T0,C0)
voir 02
Pb: Incertitude sur la durée: Incident train ou Incident processus?

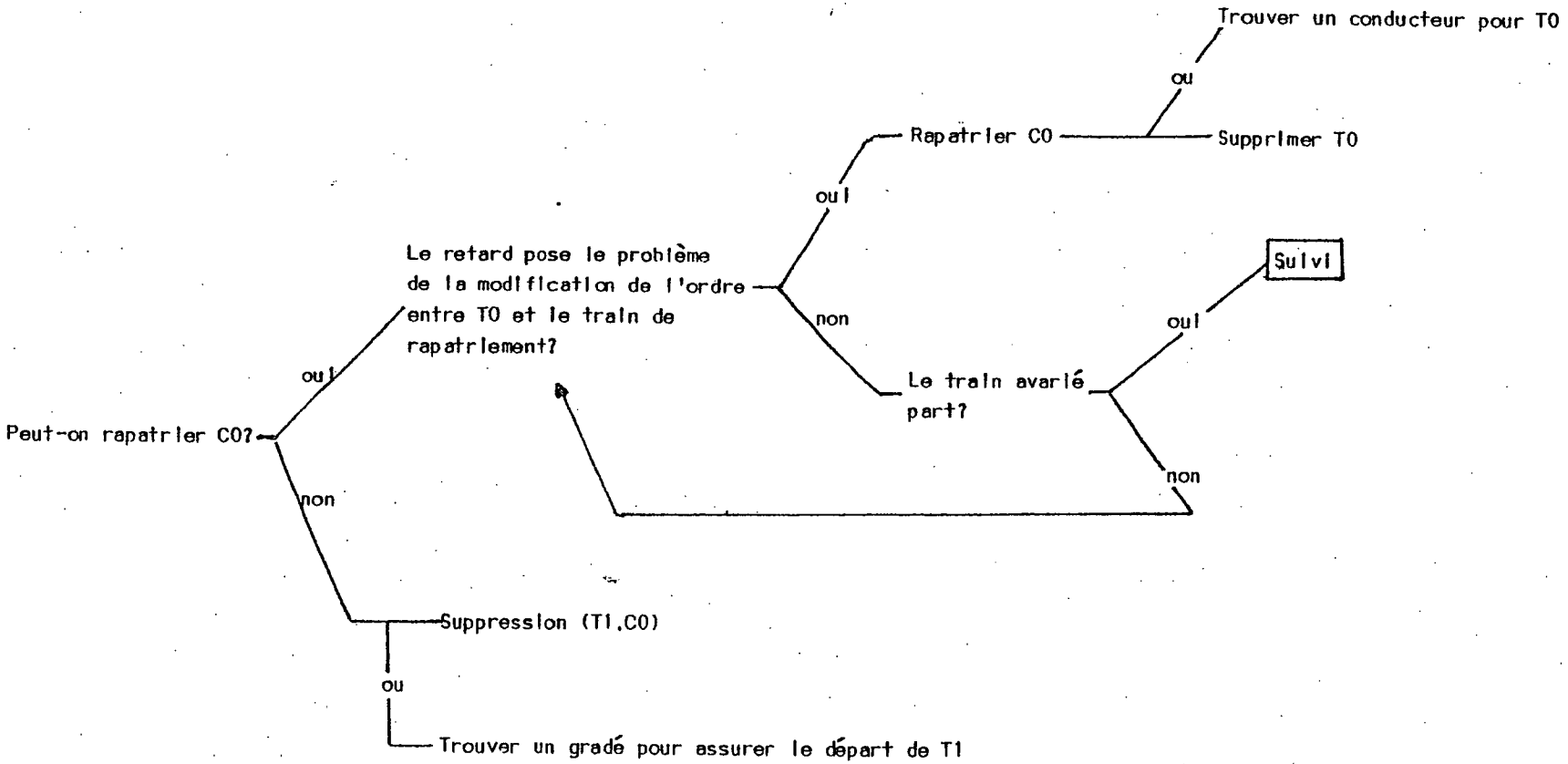
02



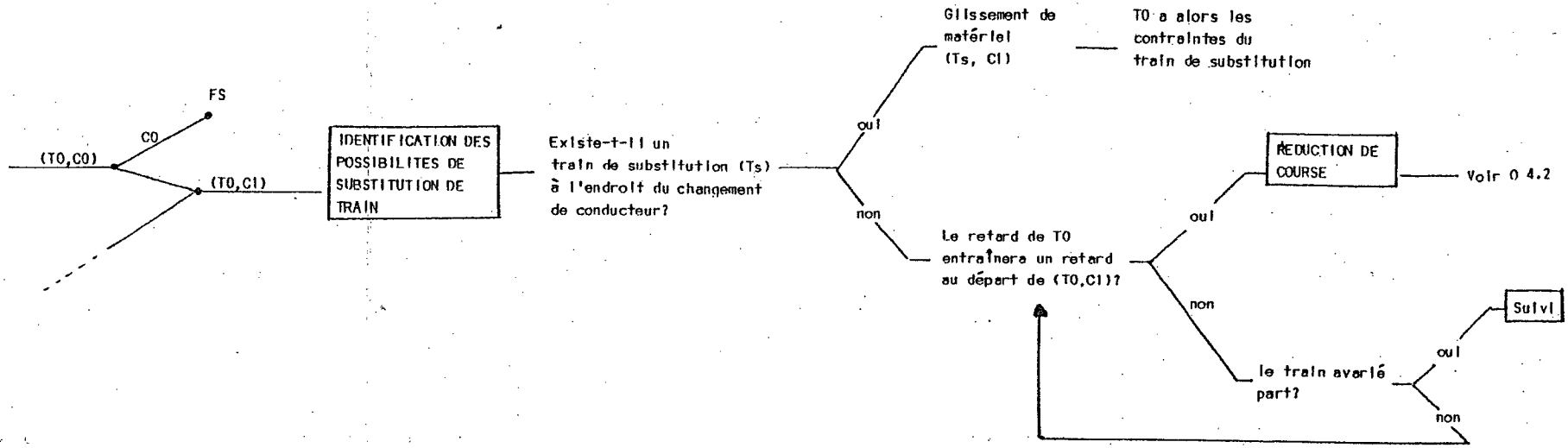
Voir R05: Analyse du travail de régulation d'un réseau ferré: résolution d'incidents d'exploitation. RER R012, 1980.


T1
(T1,C0)
(T0,C0)
C0
T0
IDENTIFICATION DES CONTRAINTES D'ORDRE
Le train T1 est derrière T0?
oui
non
Le retard de T0 pose le problème de la modification de l'ordre entre T0 et T1?
oui
non
IDENTIFICATION DES CONDUCTEURS DISPONIBLES
Y-a-t-il un conducteur supplémentaire à proximité pour assurer le départ de T0?
oui
modifier le lieu de la relève: T1,C0
non
T0 part?
oui
SUIVI
non
IDENTIFICATION DES CONDUCTEURS DISPONIBLES
Y-a-t-il un conducteur de substitution sur le lieu de la relève, pour T1?
non
POSSIBILITE DE RAPATRIEMENT DU TITULAIRE (C0)?
Peut-on rapatrier C0? (battement)
Voir O 3.2
oui
Assurer le départ du train T1 par un conducteur de substitution
REMISE EN PLACE DES EQUIPES

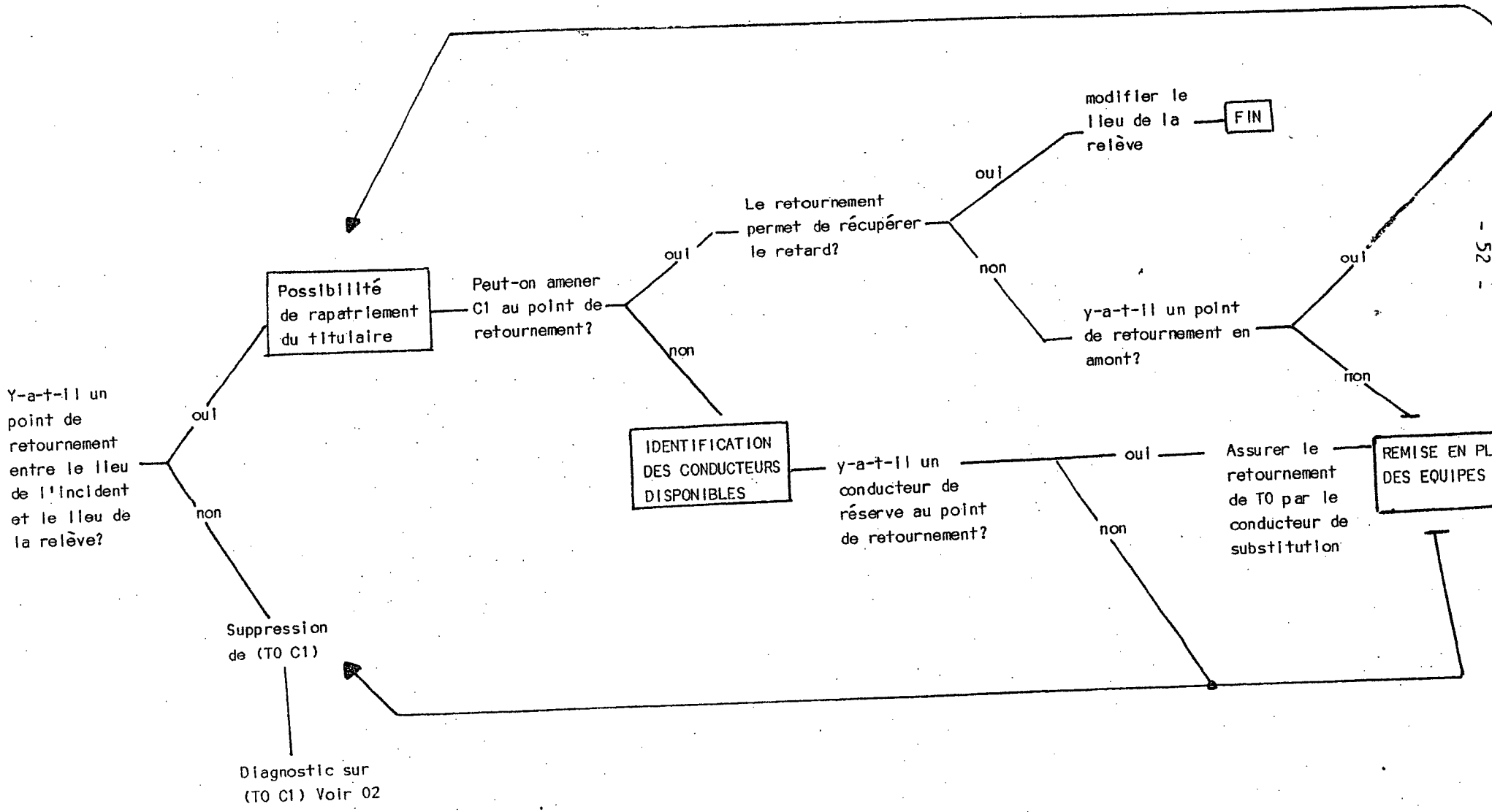
O 3.2

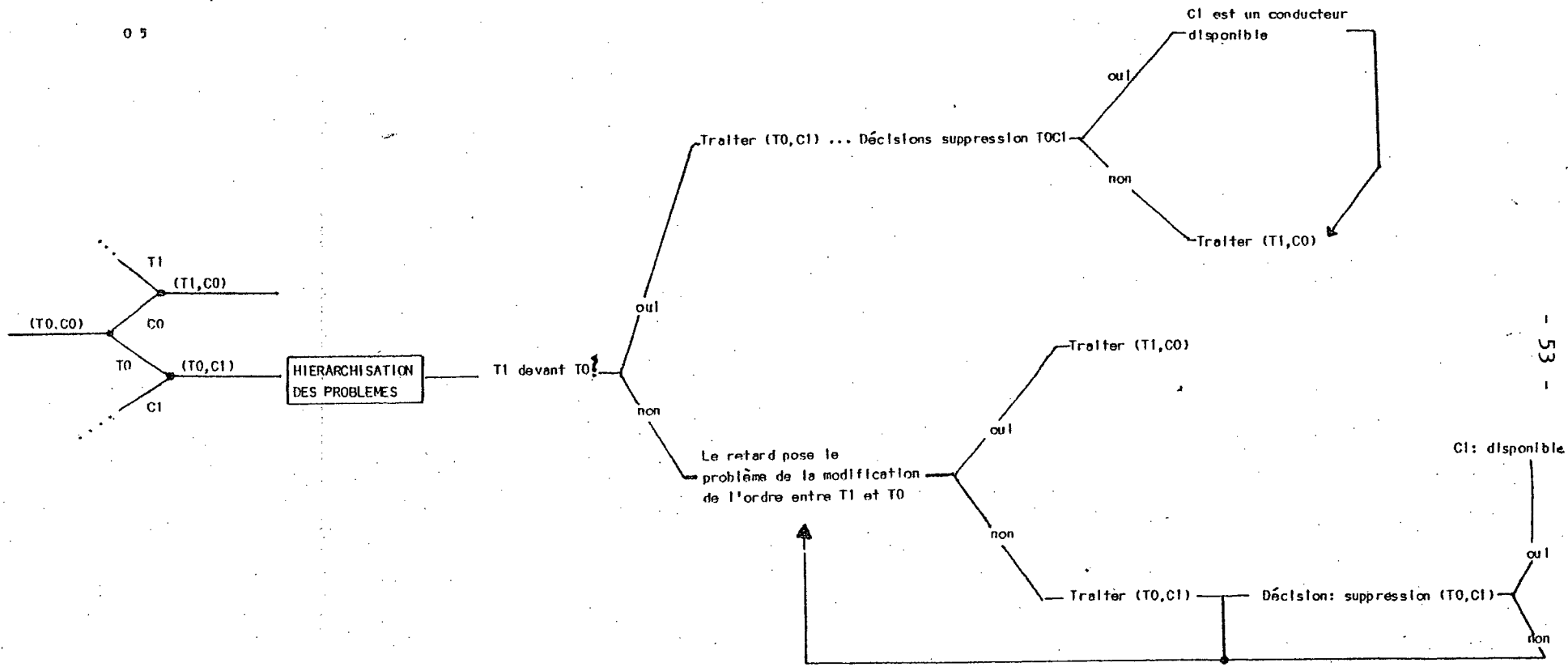

Trouver un conducteur pour T0
ou
Rapatrier C0
Supprimer T0
oui
Le retard pose le problème de la modification de l'ordre entre T0 et le train de rapatriement?
Suivi
oui
non
Le train avarié part?
oui
non
Peut-on rapatrier C0?
oui
non
Suppression (T1,C0)
ou
Trouver un gradé pour assurer le départ de T1

O 4.1


FS
CO
(TO,CO)
(TO,CI)
IDENTIFICATION DES POSSIBILITES DE SUBSTITUTION DE TRAIN
Existe-t-il un train de substitution (Ts) à l'endroit du changement de conducteur?
oui
Glissement de matériel (Ts, CI)
TO a alors les contraintes du train de substitution
non
Le retard de TO entraînera un retard au départ de (TO,CI)?
oui
RÉDUCTION DE COURSE
Voir O 4.2
non
le train avarié part?
oui
Suivi
non

REDUCTION DE COURSE
O 4.2



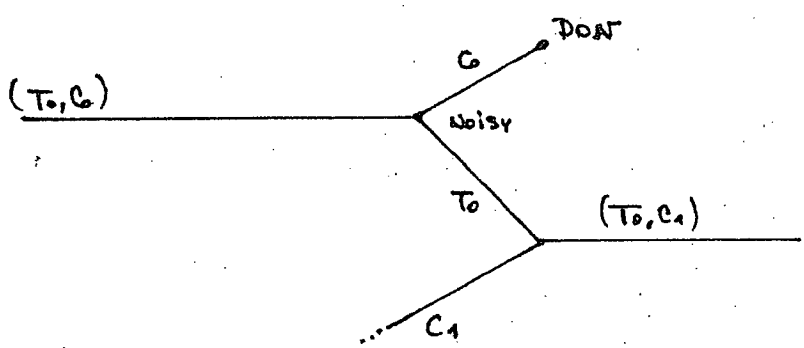

T1
(T1,C0)
(T0,C0)
C0
T0
(T0,C1)
C1
HIERARCHISATION DES PROBLEMES
T1 devant T0?
oui
non
Traiter (T0,C1) ... Décisions suppression T0C1
C1 est un conducteur disponible
oui
non
Traiter (T1,C0)
Le retard pose le problème de la modification de l'ordre entre T1 et T0
oui
non
Traiter (T1,C0)
Traiter (T0,C1)
Décision: suppression (T0,C1)
C1: disponible
oui
non

ANNEXE II

Illustration de l'hypothèse de réduction de l'espace du problème à travers une procédure de résolution d'incident

Le problème

Soit (TO,CO) le couple formé par le train avarié et son conducteur; (TO,CO) a la structure suivante:

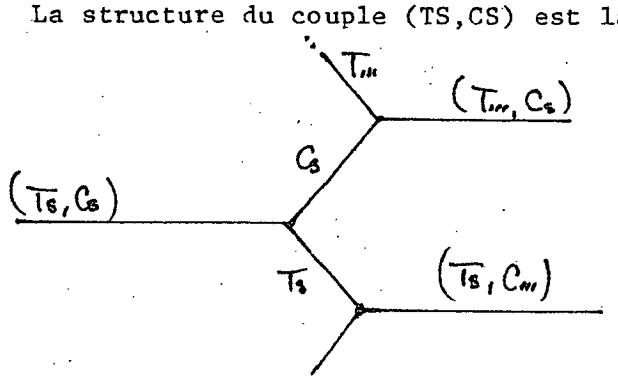


C'est-à-dire: un seul élément du couple (TO,CO) est impliqué dans la constitution d'un nouveau couple; le conducteur CO n'a pas de contraintes.

Solution adoptée:

Subsitution de train: un autre train (Ts) part à la place du train avarié avec un autre conducteur (CS).

La structure du couple (TS,CS) est la suivante:



Le chef de régulation prévoit les opérations suivantes

1. (TS,CS) aura la mission prévue pour (TO,CO)
2. Au terminus CS quitte TS et attend TO
3. Un conducteur de réserve (CRSV) part avec TS assurer la mission suivante de TO (m'O) soit (TS, CRSV) m'O
4. A l'arrivée de TO, CO descend et CS part avec O assurer la mission prévue pour TS soit m'S.

Ce régulateur signale alors que se pose un problème, celui de la "remise en place" de CO.

Analyse:

- l'utilisation d'un conducteur de réserve (3) est inutile: il existe un conducteur déjà sur place (C1).

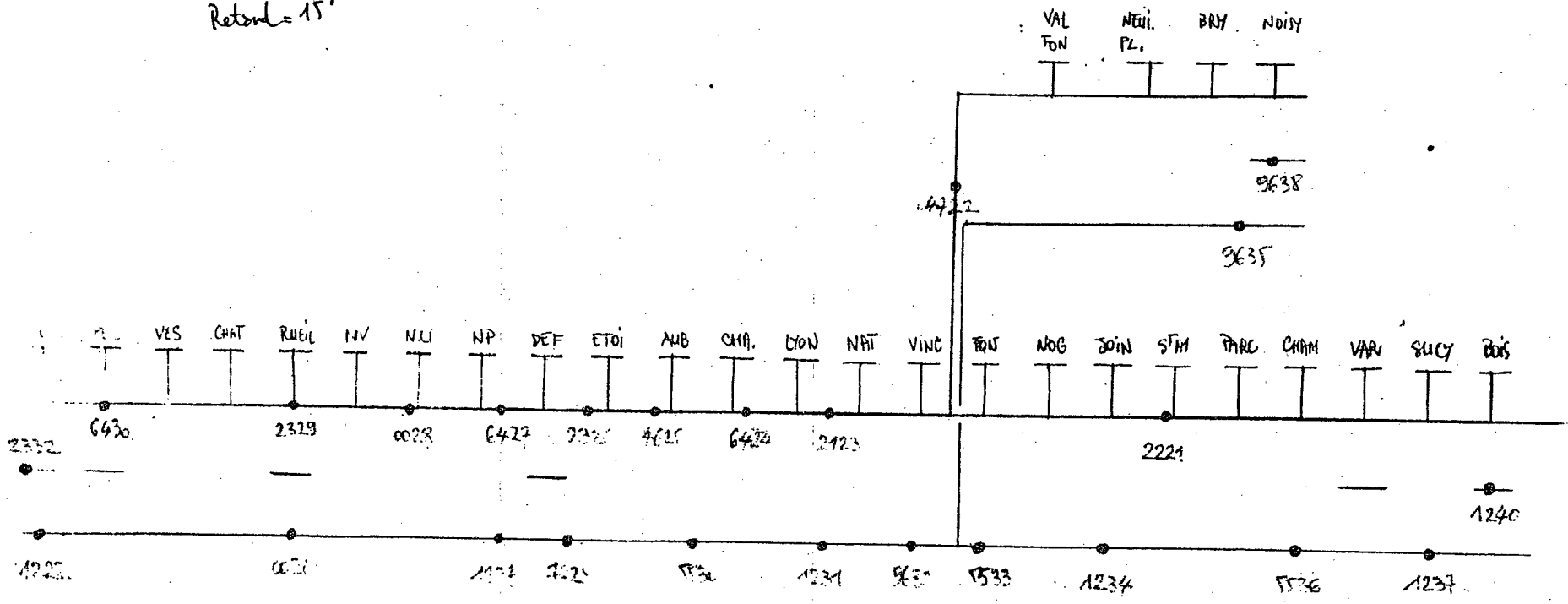
- l'opération 4 est erronée: c'est un autre conducteur qui partira à la place de CS.

- il n'y a pas de problème de remise en place de CO, étant donné que le conducteur est disponible.

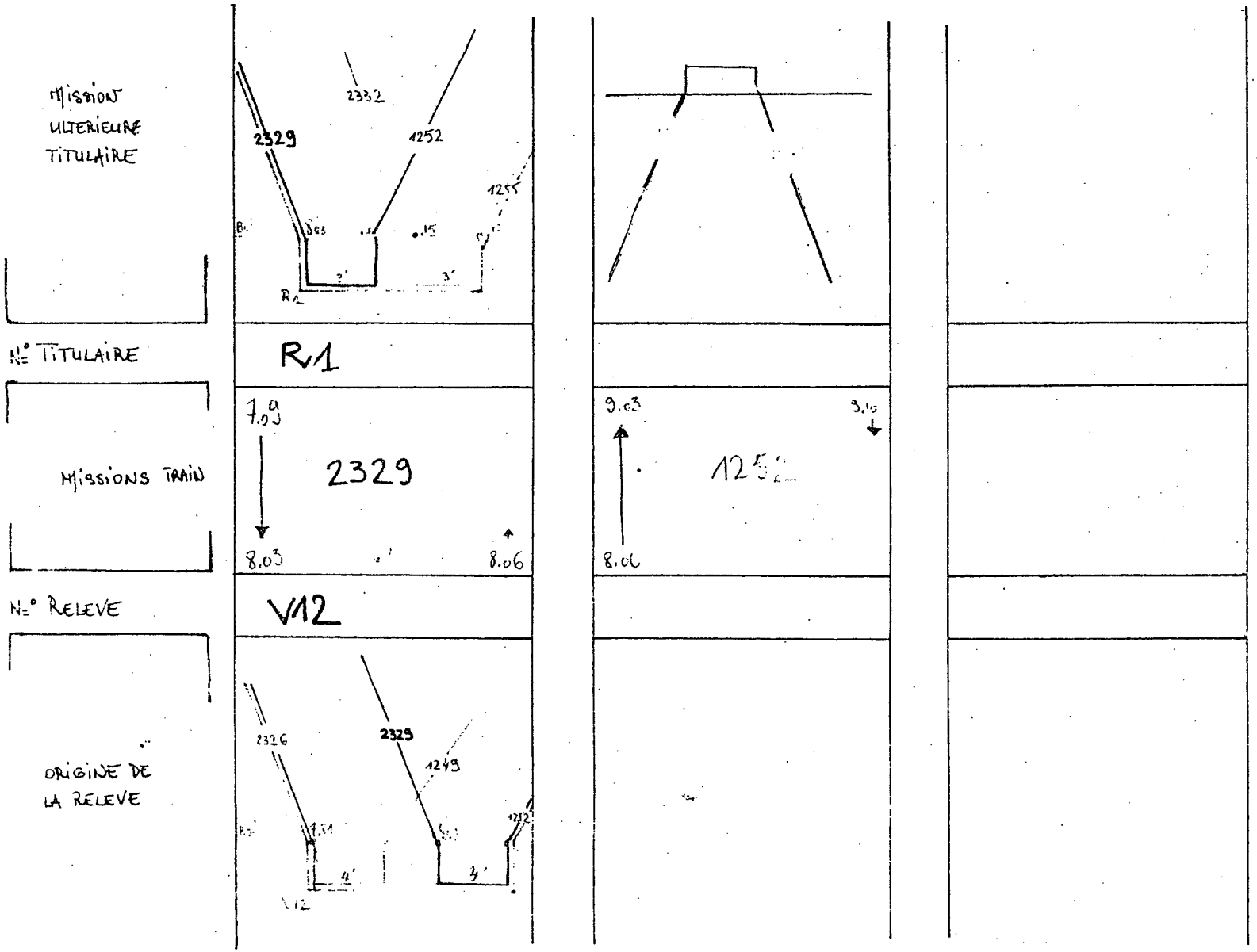
ANNEXE III

Matériel et consigne

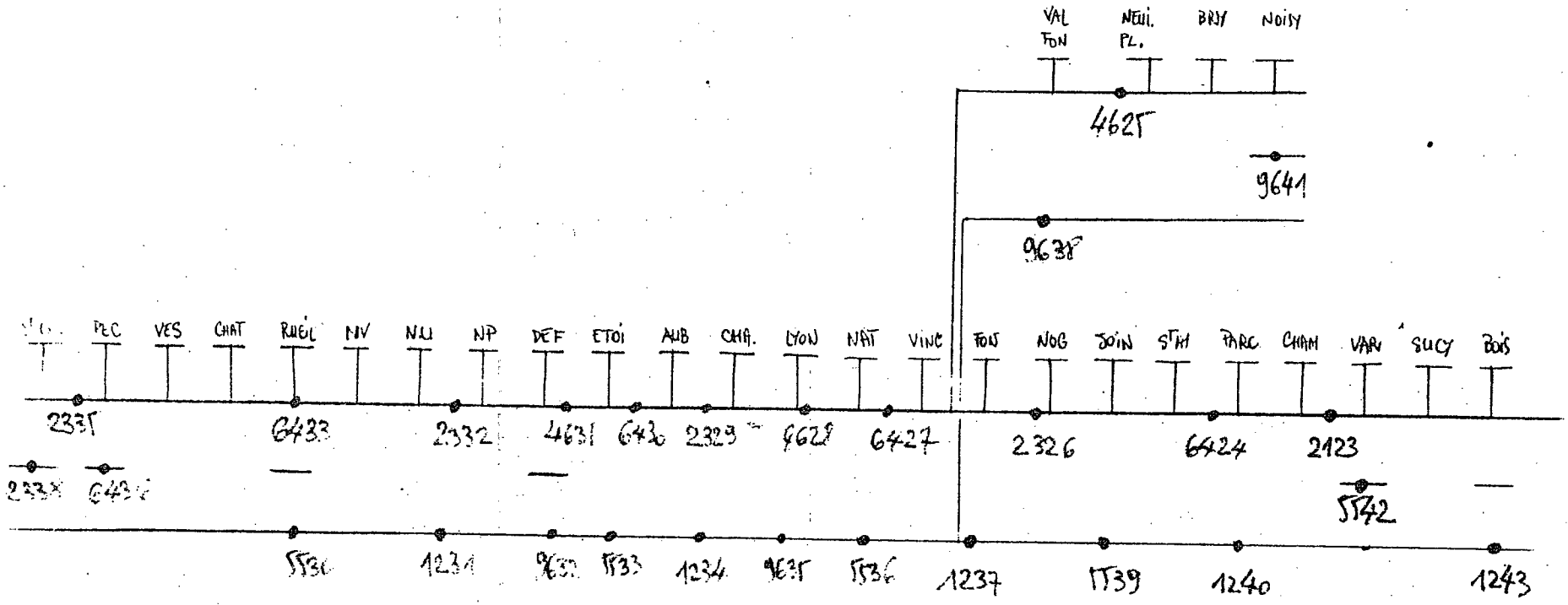
TCo. PB1. (2329, R1)
7,17, Rueil
Retard = 15'



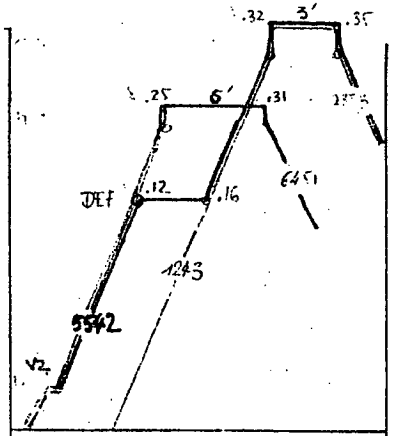
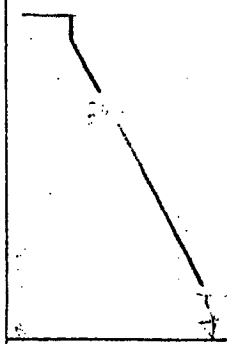
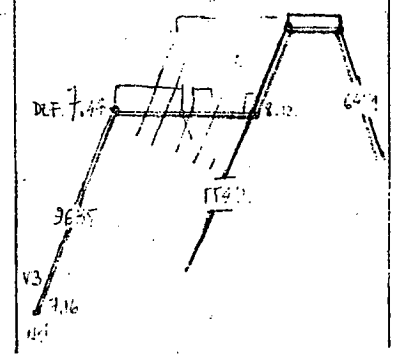
Prototype PB1 : (2329, R1)



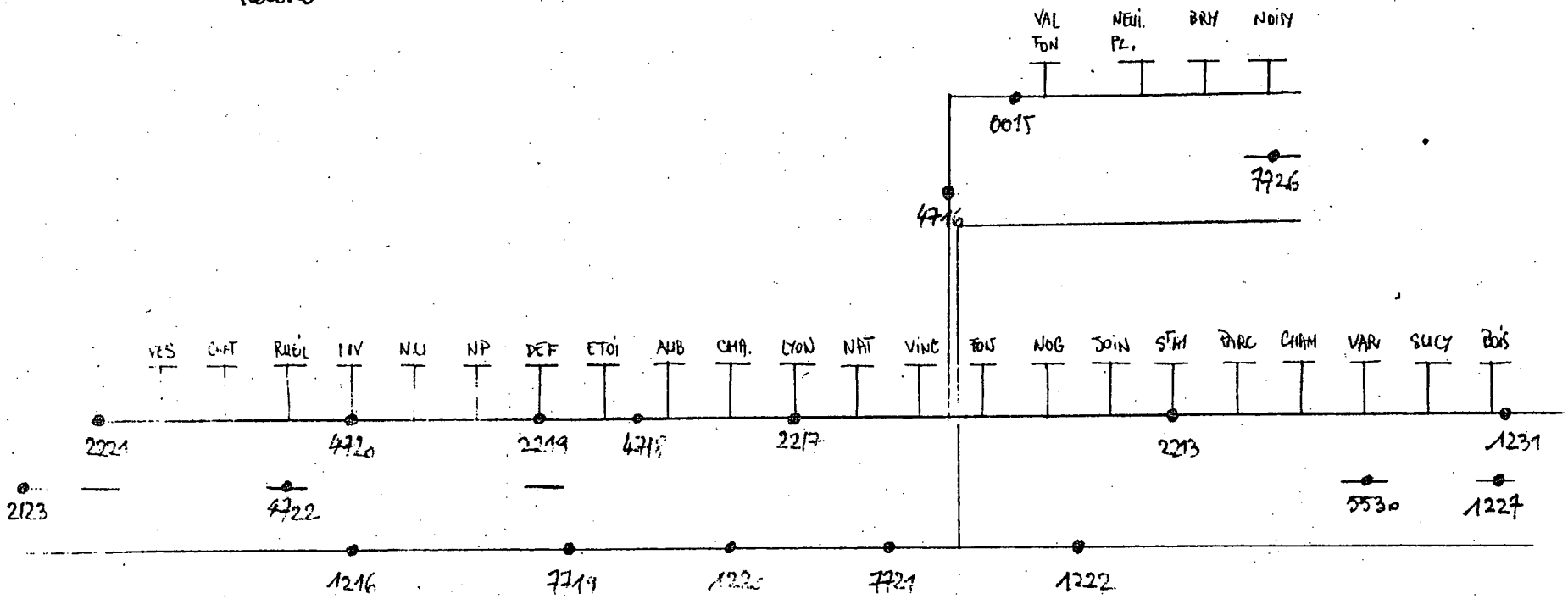
TCO PB2 - (T442, V2)
7.3T, La Varenne
Retard = 9'



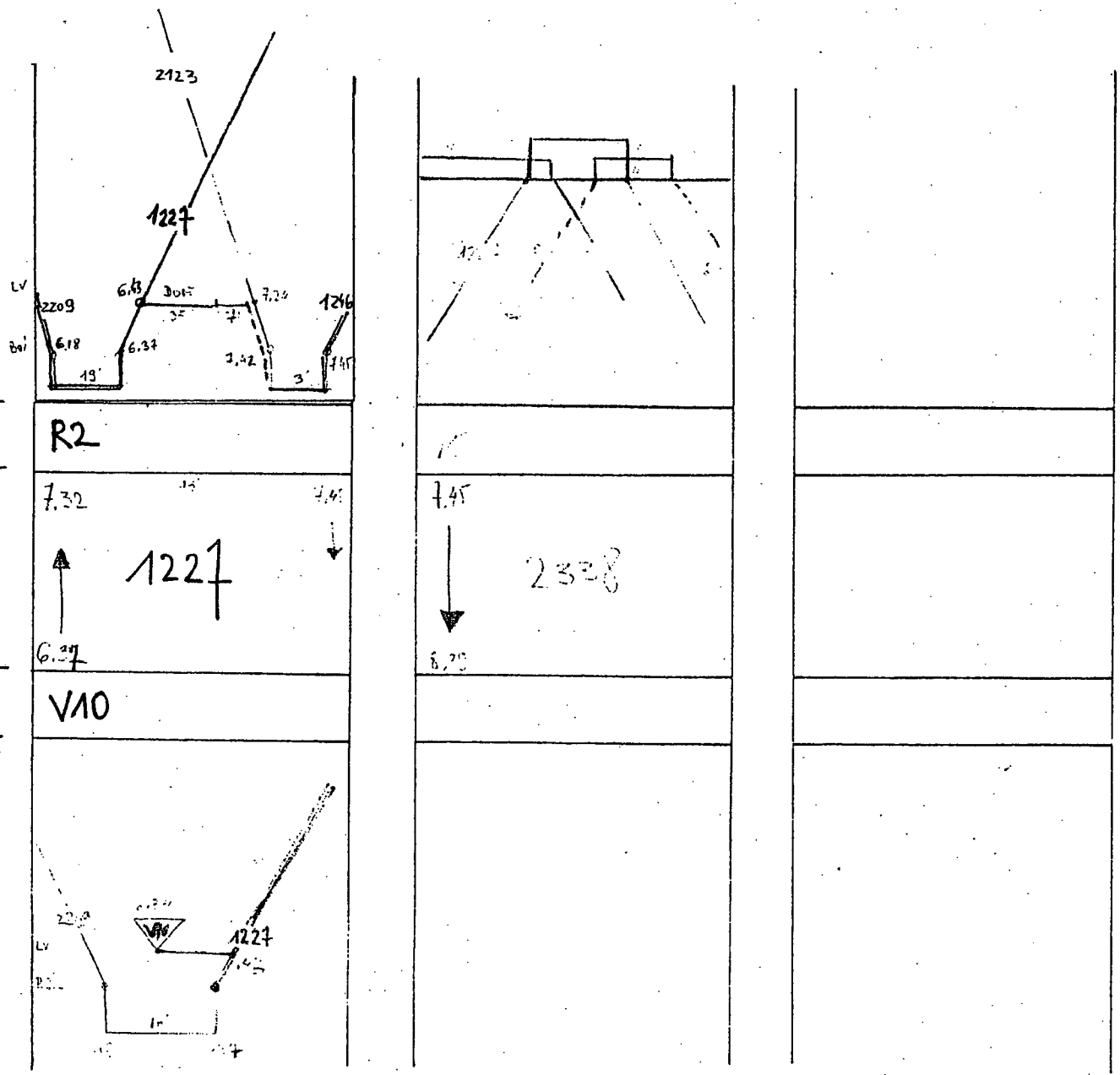
Prototype PB2 : (TT42, V2)

Mission ULTERIEURE TITULAIRE			
N° TITULAIRE	V2		
Missions TRAIN	8,25 8,21 5542 6'	8,31 6451 3,2c	
N° RELEVE	V3		
ORIGINE DE LA RELEVE			

TCO PB4. (1227, R2)
6.37. Boissy,
Retard = 11'



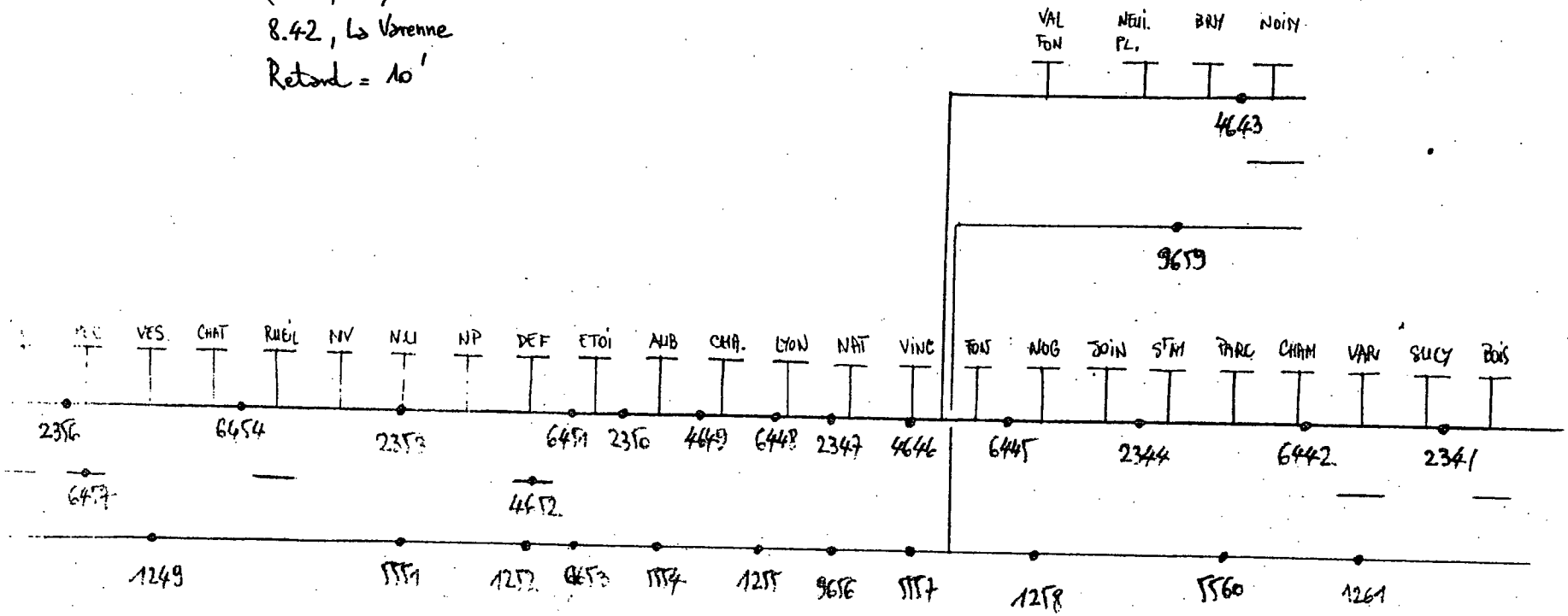
Prototype PB4 : (1227, R2)



TCO PBT : (1261,)

8.42, La Varenne

Retard = 10'



Consigne

Cette expérience a pour but de tester de nouvelles formes de présentation des informations dont vous vous servez au cours de votre travail.

Je vais vous présenter une série de problèmes d'exploitation.

Il y a huit problèmes en tout et chaque problème est indépendant des autres.

Pour chaque incident, je vous donnerai un dessin du TCO montrant la position des trains au début de l'incident, puis je vous indiquerai quelle est la rame retardée et quelle est la durée du retard.

Dans chacune de ces situations, vous être chef de régulation et vous devez indiquer la solution que vous allez appliquer pour résoudre l'incident.

Pour cela, vous disposerez d'abord des moyens habituels de travail (graphique de marche et tableau de gestion des équipes) puis vous essaierez de résoudre les problèmes avec le nouveau mode de présentation.

Attention

- A chaque fois que je vous présente un problème, je déclenche un chronomètre, et je ne l'arrête que lorsque vous m'indiquerez que vous avez choisi une solution, c'est seulement ensuite que vous devez décrire, de façon aussi précise que possible la solution que vous avez choisi.

- Vous pouvez me demander toutes les informations supplémentaires qui vous sont utiles pour résoudre le problème.

Imprimé en France
par
l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique