
LA SYNCHRONISATION DES FEUX TRICOLORES

Un exemple d'utilisation
des mathématiques

Jean LEFORT
Irem de Strasbourg

J'ai souvent entendu bien des professeurs se plaindre que les outils mathématiques nécessaires à une compréhension de la réalité quotidienne soient trop difficiles pour les élèves de lycée. Ces professeurs montrent généralement le décalage existant entre le cours de physique et celui de mathématiques. Le physicien a besoin de l'équation du second degré dès la seconde, du logarithme dès la première... ayant ainsi toujours au moins six mois d'avance sur son collègue mathématicien. Ces mêmes professeurs regrettent sans doute le temps où le calcul des superficies des champs (triangulaires, polygonaux ou autres) semblait être l'activité principale des contrôleurs des impôts. Plus sérieusement, il est assez facile d'objecter que la physique enseignée au lycée a peu à voir avec la réalité. Par contre l'exemple ci-après montre que l'on trouve dans la société actuelle des problèmes que l'on peut facilement analyser, maîtriser et par suite dominer et ce, dès la classe de seconde.

Le problème de la synchronisation des feux de signalisation ne nécessite qu'un outillage mathématique simple : fonctions affines ; fonctions affines par morceaux ; fonctions périodiques. Ce problème peut donc être posé dans toute sa généralité et les simplifications théoriques peuvent être systématiquement justifiées par un retour au concret. On aborde ici la technique scientifique de mathématisation de la réalité.

On verra qu'il est théoriquement impossible, en général, de synchroniser exactement les feux sur une avenue à double sens de circulation mais, qu'en donnant une définition moins restrictive de la synchronisation, on peut trouver une solution pratique au problème. Par ailleurs, on se rendra compte que l'idée d'avoir une vitesse constante est illusoire et que la plus belle synchronisation théorique doit subir le "feu" de la pratique et parfois être modifiée pour tenir compte des ralentissements fréquents à tel ou tel endroit.

(1) Mais quand on sait qu'en physique le volt est défini comme étant ce qui est mesuré par un voltmètre, le professeur de maths n'a plus de complexe à faire quant à une éventuelle référence à la réalité !

LA SYNCHRONISATION DES FEUX TRICOLORES

Bien qu'ayant été déclarée comme un P.A.E. cette activité a été entièrement réalisée pendant les heures de cours d'une classe de seconde, les différentes études ayant été réparties tout au long de l'année. La déclaration de P.A.E. permettant d'obtenir quelques crédits pour financer les menus frais, quelques heures pour rémunérer mon travail supplémentaire de préparation et enfin permettant de valoriser le lycée au niveau académique.

La réaction des élèves à une telle activité a été enthousiaste. Qu'ils circulent à vélo, à mobylette ou qu'on les conduise en voiture, tous avaient déjà pesté contre ces feux qui semblaient prendre un malin plaisir à passer au rouge au moment où ils arrivaient au carrefour ! Des professeurs chagrins se plaindront que dans les grandes villes la synchronisation des feux se fait maintenant avec des moyens beaucoup plus sophistiqués d'analyse de densité de circulation, ce qui est tout à fait exact, mais tous les établissements scolaires ne se situent pas dans de telles grandes villes, comme le prouve l'exemple ci-après de Colmar (60 000 habitants et 4 lycées). D'autre part, rien n'interdit de faire cette étude dans une ville qui ne possède pas un tel système de synchronisation des feux, seulement on ne pourra pas terminer l'activité en fin d'année par une visite du poste de commande de synchronisation des feux où les élèves ont été tout surpris de voir des graphiques analogues à ceux qu'ils avaient fait en classe.

Voici comment on peut organiser une telle étude :

- 1°) Etude des cycles des feux tricolores (sur le terrain).
- 2°) Synchronisation des feux le long d'une avenue à sens unique (préparation à la maison, mise au point en classe).

3°) Cas du croisement de deux axes à sens unique.

4°) Synchronisation des feux le long d'une rocade à sens unique (préparation à la maison, mise au point en classe).

5°) Etude des flux de circulation (sur le terrain).

6°) Etude des temps d'accélération et de freinage des véhicules (sur le terrain).

7°) Influence des conditions de circulation sur la synchronisation des feux le long des rues à sens unique.

8°) Synchronisation des feux sur une avenue à double sens de circulation. Étude graphique théorique ; vérification sur le terrain ; modifications apportées par les conditions locales de circulation.

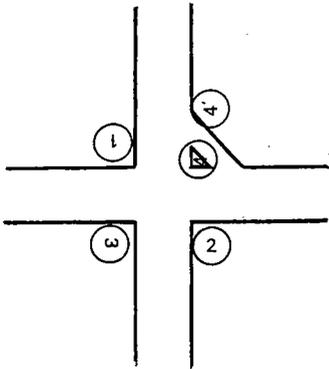
9°) Visite du P.C. de la circulation de la ville de Colmar.

1°) Etude des cycles des feux tricolores

Les services d'équipement d'une ville se proposent de synchroniser les feux tricolores d'un certain nombre de grands axes dans l'agglomération. Synchroniser les feux consiste à s'arranger pour qu'un véhicule qui circule à une certaine vitesse constante et qui passe le premier feu au vert puisse passer tous les autres au vert également. Chaque feu est réglé sur un certain cycle : la durée totale d'une phase verte, d'une phase orange et d'une phase rouge. Deux feux qui ont le même cycle peuvent ne pas avoir la même durée de la phase verte : par exemple à un carrefour d'une artère à grande circulation et d'une voie secondaire, les feux sur chacune des deux routes ont le même cycle, mais sur l'artère à grande circulation la phase verte dure plus longtemps que sur la voie secondaire.

Etudier les cycles de plusieurs feux tricolores à différents moments de la journée (heures creuses, heures de pointe). Présenter les résultats sous forme de tableau(x).

a) Carrefour "Poincaré - Clémenceau" :



heure creuse : 10 h.

1	2	3	4	4'
R	R	V	V	V
		O		
			O	O
V	V	R	R	R
				R ↗
O	O			

heure de pointe : 17 h.

1	2	3	4	4'
R	R	V	V	V
		O		
			O	O
V	V	R	R	R
				R ↗
O	O			

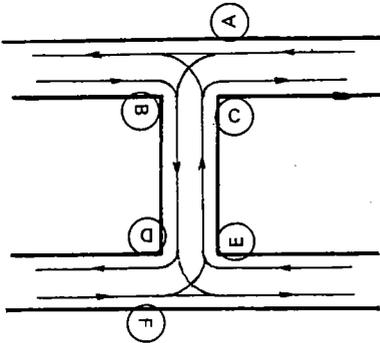
Le travail des élèves a montré une difficulté dans les mesures. Malgré l'explication ci-dessus, certains groupes d'élèves se sont obstinés à donner des durées différentes pour les cycles des feux d'un même carrefour, (avec une différence de l'ordre de la seconde, différence manifestement due aux erreurs de mesure). Ces groupes ont eu beaucoup de mal à comprendre qu'il ne fallait pas se fier aveuglément à ces mesures et que l'erreur d'une seconde qui ne leur semblait pas grave, s'accumule avec les cycles et poserait, si l'écart était réel, un problème insurmontable au bout d'une dizaine de cycles⁽²⁾.

La mise en évidence des cycles de 75 et 90 secondes selon la densité de circulation, voire de cycles plus longs à des carrefours importants, a été une révélation pour les élèves. La mise en place des tableaux tels que ceux présentés ci-contre et sur la page suivante, avec des couleurs, a été l'occasion d'insister sur les représentations graphiques peu classiques. (Il s'agit de résultats d'élèves sur ce premier travail.)

(2) On peut faire remarquer aux élèves que la période d'une fonction périodique peut être mesurée de façon très précise si on mesure la durée d'un très grand nombre de période à la fois, même si cette dernière mesure est peu précise. C'est ainsi que la durée d'une lunaison a pu être évaluée à la minute près par les sumériens bien que chaque lunaison ne soit évaluée qu'à un jour près.

**LA SYNCHRONISATION
DES FEUX TRICOLORES**

b) Le pont de la gare :



L'orange dure 3 secondes. Le rouge du feu "C" est accompagné d'une flèche permettant de tourner à droite. Le cycle dure 115 secondes à 8 heures. Les seules possibilités de circulation sont celles indiquées par les flèches.

	A	B	C	D	E	F
1		R	R↗		R	
2				V		R
3	R	V	V		V	
4		O			O	
5			O			
6				R		V
7						O
8		R			R	
9			R↗			R
10	V			V		
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						

2°) Synchronisation des feux le long d'une avenue à sens unique (travail proposé aux élèves)

On se propose de synchroniser les feux des carrefours successifs d'une rue à sens unique schématisée sur figure ci-contre.

a) Dans un premier temps, on suppose que les feux ont des cycles identiques (même durée du vert, de l'orange, du rouge) de période 75 secondes, avec vert : 40 s ; orange: 5 s ; rouge : 30 s. Synchroniser les feux F1 à F5 pour une vitesse uniforme de 40 km/h, puis pour une vitesse de 50 km/h.

Présenter les résultats de la façon la plus attractive possible.

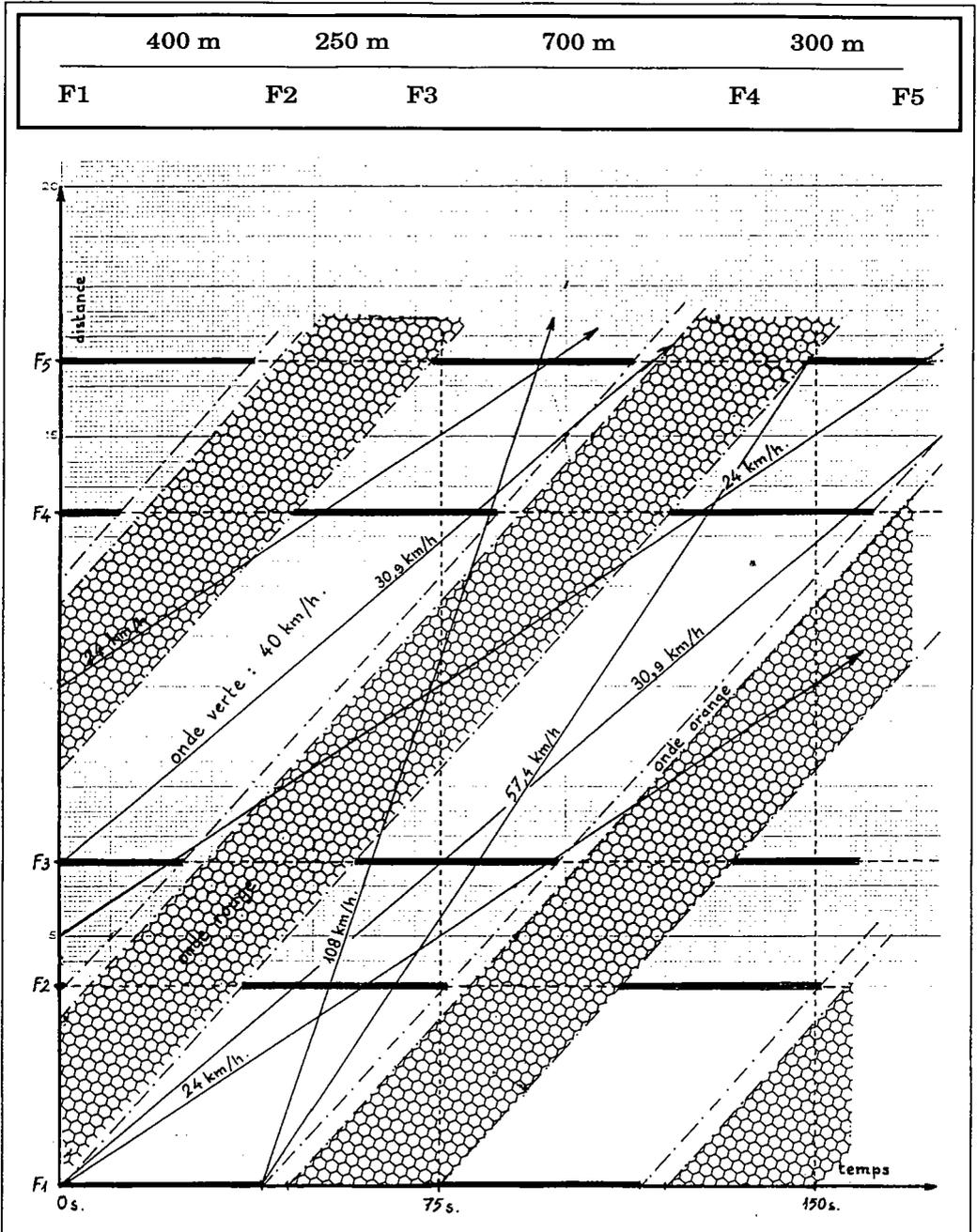
b) On suppose que les feux F1 à F5 ont été synchronisés pour une vitesse de 40 km/h. A quelle vitesse doit circuler un automobiliste qui est en F1 au moment où le feu passe à l'orange pour arriver en F5 au moment où le feu passe au vert ?

Inversement, à quelle vitesse doit circuler un automobiliste qui est en F1 au tout début du vert et qui passe F5 à l'orange bien mûr ?

Indépendamment des calculs, on présentera une résolution graphique de cette question et on montrera qu'en choisissant bien l'instant de passage en F1, un automobiliste qui circule à une vitesse constante comprise entre les deux précédemment mises en évidence dans cette question peut passer tous les feux au vert ou à la rigueur à l'orange.

c) Vérifier graphiquement qu'un véhicule qui a une vitesse constante comprise entre 76 et 165 km/h peut, s'il calcule bien son coup, passer tous les feux au vert ou, à la rigueur, à l'orange.

d) Trouver une zone de vitesse inférieure à 30 km/h qui permet de passer tous les feux au vert en supposant la vitesse constante et l'instant du début de parcours bien choisi.



LA SYNCHRONISATION
DES FEUX TRICOLORES

Le graphique de la page précédente résume une partie du travail des élèves. Ce graphique implique l'étude des points suivants :

- liens entre la pente d'une droite et la vitesse ;
- passage des km/h aux m/s ;
- lecture de graphiques (une droite étant tracée, trouver sa pente) ;
- notion de période.

La mise en évidence de ce qu'on appelle une onde verte, comme si les feux étaient commandés les uns après les autres par une onde qui circulerait à 40 km/h , fait bien comprendre aux élèves l'importance de la synchronisation.

Les vitesses excessives ou au contraire trop faibles, ne sont possible que si l'on change d'onde verte et cela ne peut avoir lieu, dans l'exemple proposé, qu'entre F3 et F4. Deux exemples ont été tracés sur le graphique : à 108 km/h on rattrape l'onde précédente ; à 25 km/h on se laisse rattraper par l'onde suivante.

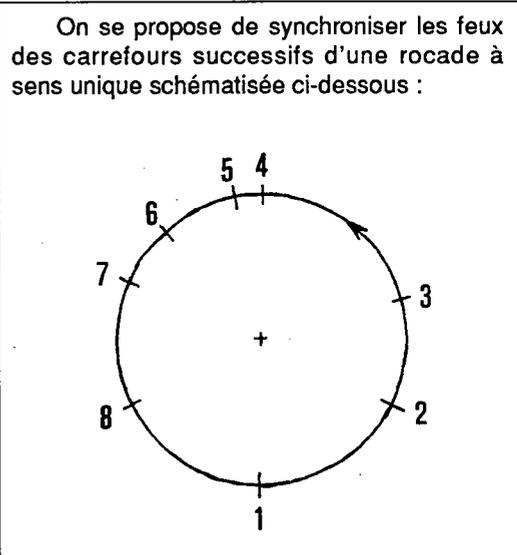
Il y a très peu de calculs à faire : trouver le début du vert pour chaque feu et calculer des pentes.

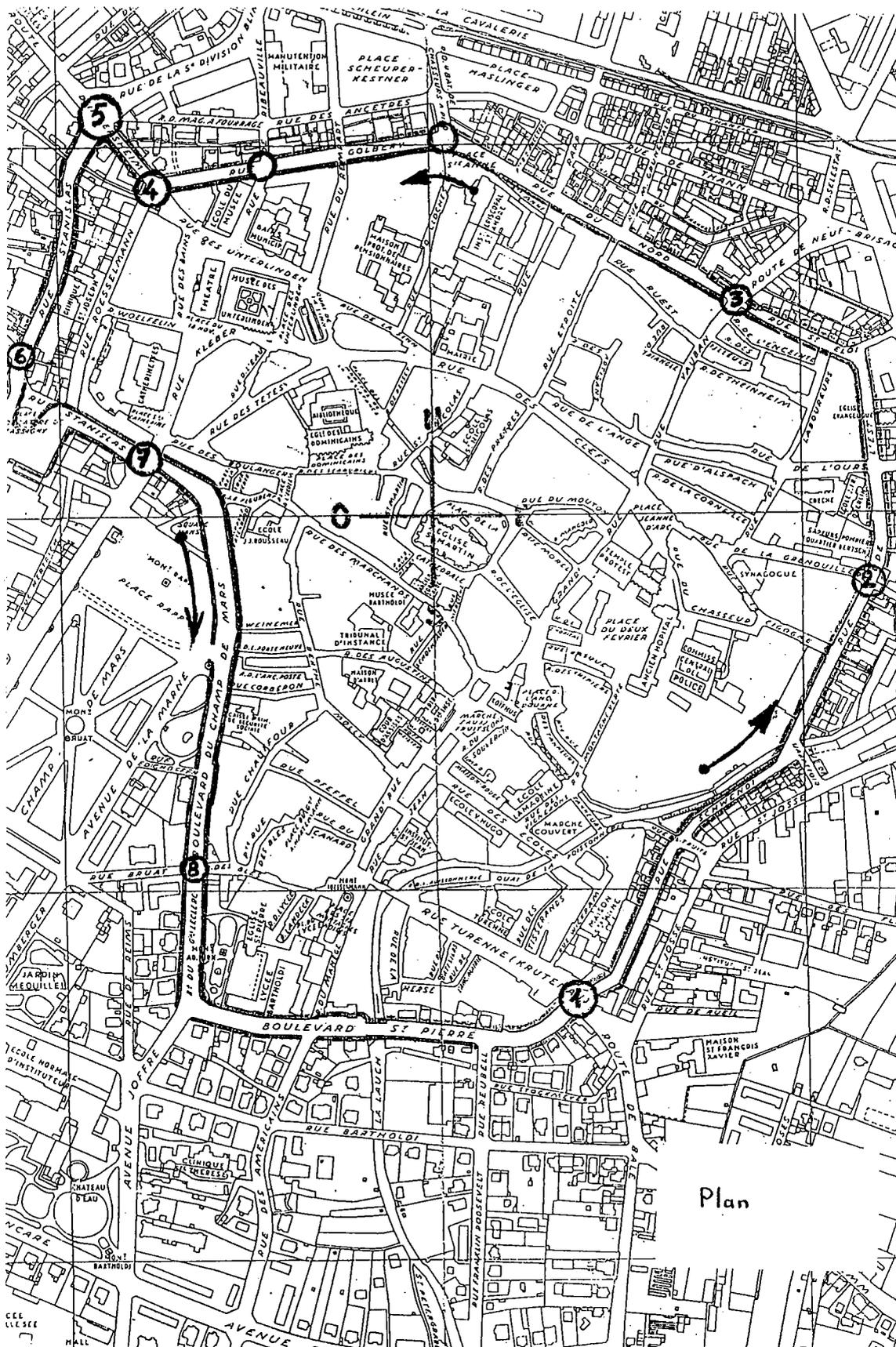
La difficulté principale réside dans la lecture du graphique : lecture de la vitesse correspondant à la pente d'une droite donnée, recherche empirique de droites, (ce qui apporte aux élèves une modification radicale de l'image qu'ils se font des mathématiques : "on fait de l'à-peu-près !"). Mais la difficulté principale réside dans l'utilisation de la période de 75 secondes. Il faut être capable de reprendre le graphique à gauche quand on en sort à droite comme dans le cas de la droite "24 km/h" du graphique précédent.

3°) Cas du croisement de deux axes à sens unique

Ce point n'a pas fait l'objet d'une étude écrite, le but étant simplement de faire comprendre aux élèves que l'onde verte ne peut fonctionner que sur un axe de circulation et qu'à partir du moment où l'on change de direction à un carrefour important, il est fatal que l'on soit arrêté au premier feu suivant. La seule façon d'éviter ce phénomène est d'allonger la phase verte, en la faisant commencer plus tôt, pour les feux situés après le carrefour principal, mais cela n'est pas toujours possible.

4°) Synchronisation des feux le long d'une rocade à sens unique (travail proposé aux élèves, ci-contre : le plan de cette rocade à l'échelle ; c'est le plan sur lequel ont travaillé les élèves pour les mesures de longueur, les schématisations, etc.)





Plan

**LA SYNCHRONISATION
DES FEUX TRICOLORES**

les feux ont été numérotés à partir d'une origine arbitraire. La rocade a une longueur de 3,250 km. On suppose que les feux ont des cycles identiques d'une durée d'environ 75 s et que la vitesse de synchronisation, ou vitesse de l'onde verte, est voisine de 40 km/h.

a) Quelle doit être la durée du cycle si on veut que la vitesse de l'onde verte soit exactement 40 km/h ?

b) Quelle doit être la vitesse de l'onde verte si on veut que la durée d'un cycle soit exactement de 75 s ?

c) Les distances des feux successifs sont les suivantes :

1-2	575 m	1-6	2000 m
1-3	960 m	1-7	2225 m
1-4	1625 m	1-8	2680 m
1-5	1710 m	1-1	3250 m
			(par la rocade)

Présenter sous forme d'un tableau la synchronisation de ces 8 feux pour un cycle de 75 s. Calculer exactement l'instant de début du cycle de chaque feu par rapport au début du cycle du premier feu.

d) On suppose que la phase verte dure, pour tous les feux, 40 s et la phase orange 5 s. Vérifier qu'il est possible de faire un tour complet sur la rocade, sans griller de feux rouges, ni s'arrêter, aux environ de 146 km/h (travaux pratiques exclus : attention aux virages et aux radar !) ; calculer exactement cette vitesse.

e) Expliquer pourquoi un automobiliste qui roule à 60 km/h ne peut effectuer un tour complet plus vite que celui qui suit l'onde verte. Démontrer qu'il n'en est pas de même à 77 km/h.

Quelques élèves ont eu du mal à assimiler la rocade à un cercle car sur un cercle la vitesse est plus facilement constante que sur une rocade aux virages souvent serrés (voir le plan).

Il est intéressant de noter que sur une rocade il y a un lien naturel entre la vitesse et la période : un tour à vitesse constante sur la rocade doit se faire en un temps multiple d'une période. Le choix de ce multiple est arbitraire mais on ne peut pas prendre n'importe quoi si on veut rester dans des gammes de vitesse compatibles avec la circulation routière. (On remarquera que c'est un problème du même type qu'ont à résoudre les physiciens quand ils font tourner des particules dans un accélérateur).

Dans le cas présent de la rocade, les graphiques sont analogues à ceux exécutés dans les travaux précédents à ceci près qu'il faut impérativement faire apparaître deux fois le feu n°1 (en haut et en bas du graphique). Il est intéressant de présenter le corrigé sur un cylindre. Un bout de tuyau en P.V.C. de 10 cm de diamètre fait l'affaire. Le problème est alors de choisir des unités compatibles avec la circonférence du cylindre et de placer les feux. On peut alors ensuite faire coulisser un rhodoïd transparent sur lequel sont tracées des "droites" (des hélices circulaires) correspondant aux différentes vitesses. De ce fait la lecture graphique est aisée et on peut suivre les mouvements de différents véhicules.

5° & 6°) Etude locale de la vitesse des véhicules (sous forme de travail proposé aux élèves. On trouvera ci-après le résultat des mesures provenant de différents groupes d'élèves)

Dans le but de vérifier dans quelle mesure les véhicules ont une vitesse uniforme, on se postera près d'un feu et on effectuera trois fois chacune des mesures suivantes :

— Au moment où le feu passe au vert, combien de temps met le premier véhicule d'une file à parcourir 20 m ? 50 m 100 m ?

— Même question pour le deuxième, troisième, quatrième et cinquième véhicule d'une même file.

— A partir du moment où le feu passe au vert, combien de véhicules d'une même file passent-ils pendant les 10, 20 et 30 premières secondes ?

En déduire des conclusions sur les durées des différentes phases (vert, orange, rouge) et sur la durée d'un cycle.

Mesures provenant de différents groupes d'élèves.

a) Temps mis par les 1er, 2e, 3e, 4e et 5e véhicules d'une file pour parcourir 20 m, 50 m et 100 m à partir du moment où le feu passe au vert :

	Distance	1er véhic.	2e véhic.	3e véhic.	4e véhic.	5e véhic.
1re fois	20 m	5, 51 s	9, 44 s	9, 67 s	9, 67 s	14, 82 s
	50 m	9, 06 s	12, 57 s	13, 03 s	11, 79 s	18, 25 s
	100 m	10, 19 s	15, 28 s	15, 00 s	13, 54 s	21, 16 s
2e fois	20 m	5, 73 s	9, 94 s	8, 08 s	11, 60 s	14, 88 s
	50 m	9, 82 s	16, 91 s	18, 88 s	18, 88 s	18, 88 s
	100 m	10, 49 s	22, 16 s	17, 41 s	24, 16 s	23, 76 s
3e fois	20 m	6, 26 s	7, 88 s	10, 88 s	18, 88 s	18, 88 s
	50 m	8, 09 s	11, 88 s	15, 80 s	16, 30 s	20, 60 s
	100 m	10, 82 s	17, 22 s	22, 28 s	23, 64 s	24, 79 s

b) Nombre de véhicules passés pendant les 10, 20 et 30 premières secondes d'une phase verte :

	en 10 s.	en 20 s.	en 30 s.
1ère fois	4	8	11
2ème fois	7	10	11
3ème fois	5	8	12

c) Temps que mettent les cinq premières voitures pour parcourir 20, 50 et 100 m quand le feu passe au vert :

	pour 20 m.	pour 50 m.	pour 100 m.
1ère voiture	4 3 4 s.	8 7 7 s.	15 13 12 s.
2ème voiture	6 8 6 s.	11 13 11 s.	17 15 13,5 s.
3ème voiture	7 8 10 s.	12 13 13 s.	17 14 17 s.
4ème voiture	8 11 9 s.	13 14 15 s.	19 20 17 s.
5ème voiture	13 11 11 s.	17 14 16 s.	22 19 20 s.

d) Conclusions tirées à propos des chiffres précédents :

On remarque qu'une voiture peut passer au vert environ toutes les deux secondes. Le feu débite donc rapidement les voitures. La phase rouge permet d'arrêter un nombre important de voitures puisqu'une quinzaine d'une file sont passées en 30 s de la phase verte. La phase orange est assez brève, elle doit seulement permettre à l'automobiliste qui arrive de ralentir et de s'arrêter à temps au feu.

Les durées des cycles vont changer selon l'affluence des voitures (heures de pointe, heures creuses).

La phase verte dure plus longtemps que la phase rouge pendant les heures creuses étant donné que la circulation n'est pas très dense une durée maximum de la phase verte doit être assurée pour faire passer le plus de voitures possible.

Pendant les heures de pointe, les durées des phases vertes sont moins importantes que celles des phases rouges. La circulation est très dense, la durée relativement longue de la phase rouge permet d'arrêter un maximum de voitures pour pouvoir, au feu vert, laisser passer un nombre de voiture ni trop faible ni trop important afin de régulariser le débit de voitures et d'éviter ainsi (théoriquement) les encombrements de la circulation.

La phase orange pourrait être plus longue pendant les heures creuses parce que, la route n'étant pas encombrée, l'automobiliste roule à une vitesse assez importante et il lui faut donc plus de temps et de distance pour freiner ; le cycle doit donc être assez long pour que l'automobiliste aperçoive le feu orange bien avant qu'il n'atteigne le feu. Par contre, lors des heures de pointe, les nombreux automobilistes ne roulent pas vite, il ne leur faut donc pas beaucoup de temps pour s'arrêter au feu. La durée de la phase orange peut donc être plus brève lors des heures de pointe.

Il est toujours intéressant d'avoir des élèves qui s'expriment complètement. Peu de groupes ont donné des conclusions autres que la paraphrase des tableaux, c'est pourquoi le texte ci-dessus mérite que l'on s'y arrête :

L'affirmation sur la durée des phases est fausse. Même si on considère que cette affirmation concerne les valeurs relatives elle n'en reste pas moins fausse (voir les tableaux relatif au premier travail). Dans la

pratique le rapport des durées des phases verte et rouge est indépendant du moment de la journée puisqu'il résulte essentiellement de l'importance de chaque voie.

La remarque sur la durée de la phase orange est plus astucieuse. Elle est tout à fait pertinente sur une voie rapide mais en ville elle oublie la composante psychologique du comportement de l'automobiliste. Il est difficile de demander à des élèves de seconde d'en tenir compte mais on peut leur en parler.

7°) Influence des conditions de circulation sur la synchronisation des feux

A partir de l'expérience quotidienne des élèves, il s'agissait de montrer que certaines conditions locales de circulation impliquent des ralentissements suffisants qui nécessitent une modification de la vitesse de l'onde verte :

- Un étranglement de la voirie.
- Une zone de magasins devant lesquels beaucoup d'automobilistes cherchent à se garer.

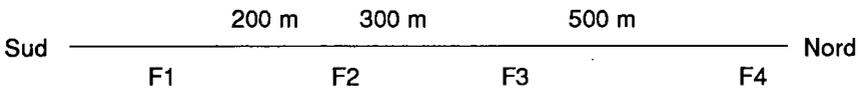
- Un entrepôt ou une entreprise qui effectue de nombreuses livraisons.

- ...

Ce fut l'occasion de montrer que, contrairement à un fluide qui accélère pour conserver un débit constant si la canalisation a un diamètre moindre, la circulation automobile est très "visqueuse" et se bloque facilement au moindre étranglement.

8°) Synchronisation des feux sur une avenue à double sens de circulation (travail ci-dessous donné aux élèves) (3)

On considère une avenue nord-sud à double sens de circulation. Quatre carrefours sont équipés de feux tricolores (F1, F2, F3 et F4). Ces carrefours sont situés de la façon suivante :



Les quatre feux suivent un cycle de 75 secondes indiqué dans le tableau ci-contre. F2 est dédoublé en 2' (sens sud vers nord) et 2'' (sens nord vers sud) car la phase verte n'apparaît pas de façon simultanée dans chacun des sens. Dans tous les cas la phase orange dure cinq secondes.

Reporter sur un graphique (temps en abscisse et distance en ordonnée) les cycles de ces feux et vérifier que l'avenue est synchronisée dans les deux sens pour une vitesse de 45 km/h.

Aurait-on pu regrouper les feux 2' et 2'' ?

Peut-on proposer des améliorations ?

En conservant le cycle de 75 secondes, peut-on modifier le rythme des feux pour obtenir une vitesse de synchronisation (onde verte) de 60 km/h ?

①	②'	②''	③	④
V	R	V	R	R
	16	19		V
	V	O		V
	35	44		40
O	O	R	40	O
R	R	R	V	R
	69		70	
	V		O	

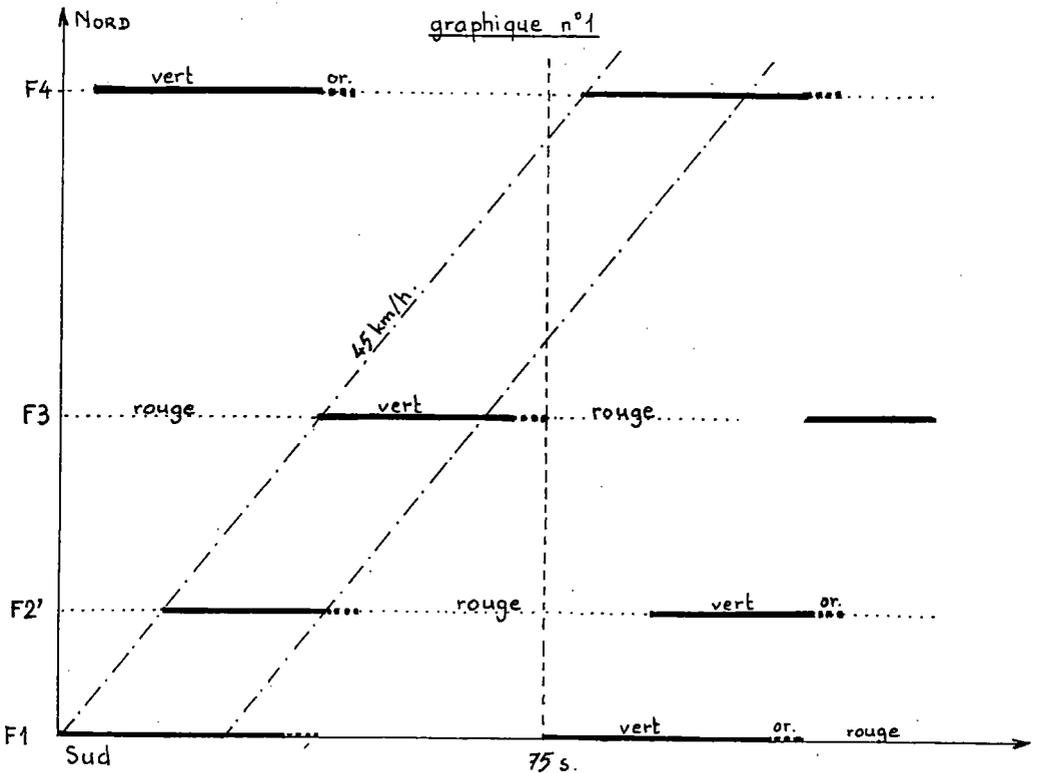
(3) Pour cet exemple, je me suis inspiré d'une situation réelle que j'ai simplifiée.

LA SYNCHRONISATION
DES FEUX TRICOLORES

Les graphiques 1 et 2 permettent de vérifier la synchronisation. Pour une étude globale, il vaut mieux regrouper les graphiques 1 et 2 sur la figure 3. (cf. p. 118)

Il est difficile d'améliorer globalement la synchronisation sur cet axe car l'onde verte a une "largeur" de 25 s qui est com-

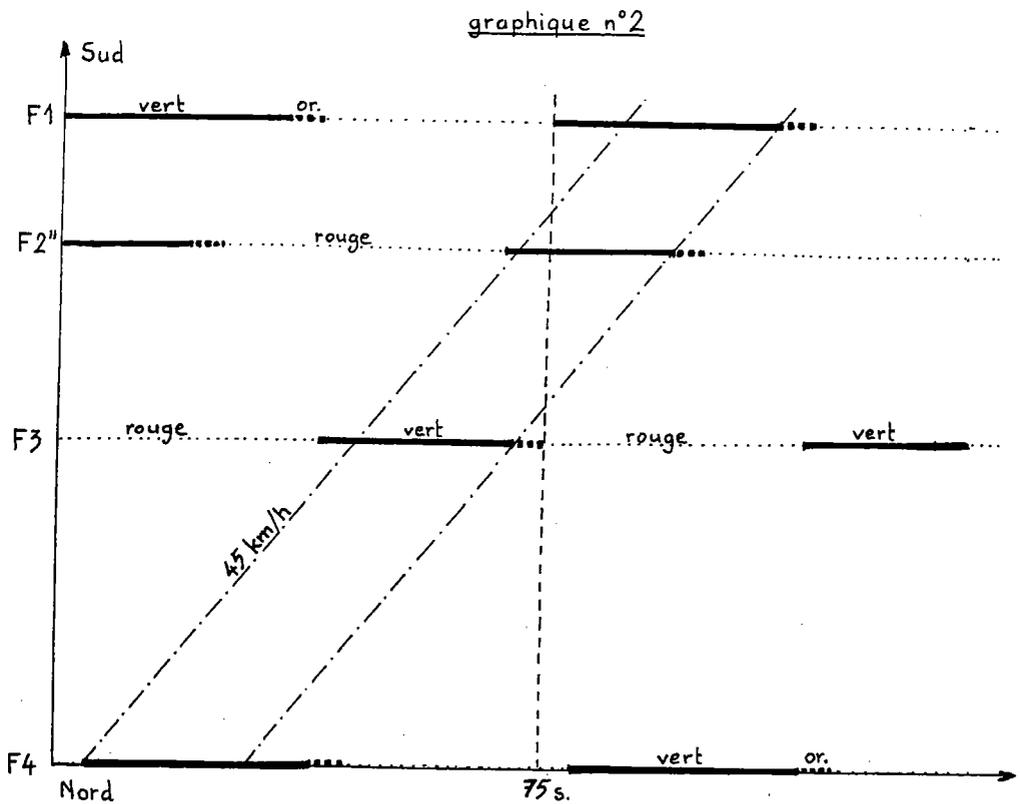
mandée par la durée du vert au carrefour n° 2. Par contre, dans le sens nord-sud, on peut "élargir" l'onde verte de 5 s en avançant le cycle de F4 d'autant, en allongeant la phase verte de F3 de 5 s en la faisant débuter plus tôt, en avançant les cycles de F2' 2" de 5 s et en prolongeant la phase verte de F2" de 5 s. Cette discussion avec



les élèves est passionnante et montre leur imagination pratique.

Pour les élèves, réunir les graphiques 1 et 2 sur la figure 3 représente une réelle difficulté. Il faut, par exemple retourner le graphique 2 et être capable d'interpréter une pente négative comme une vitesse

positive pour le trajet retour. Cette compréhension est indispensable pour résoudre le dernier problème de synchronisation de ces mêmes feux pour une vitesse de 60 km/h et j'ai dû passer beaucoup de temps en diverses explications pour arriver à obtenir une bonne compréhension de cette figure 3.

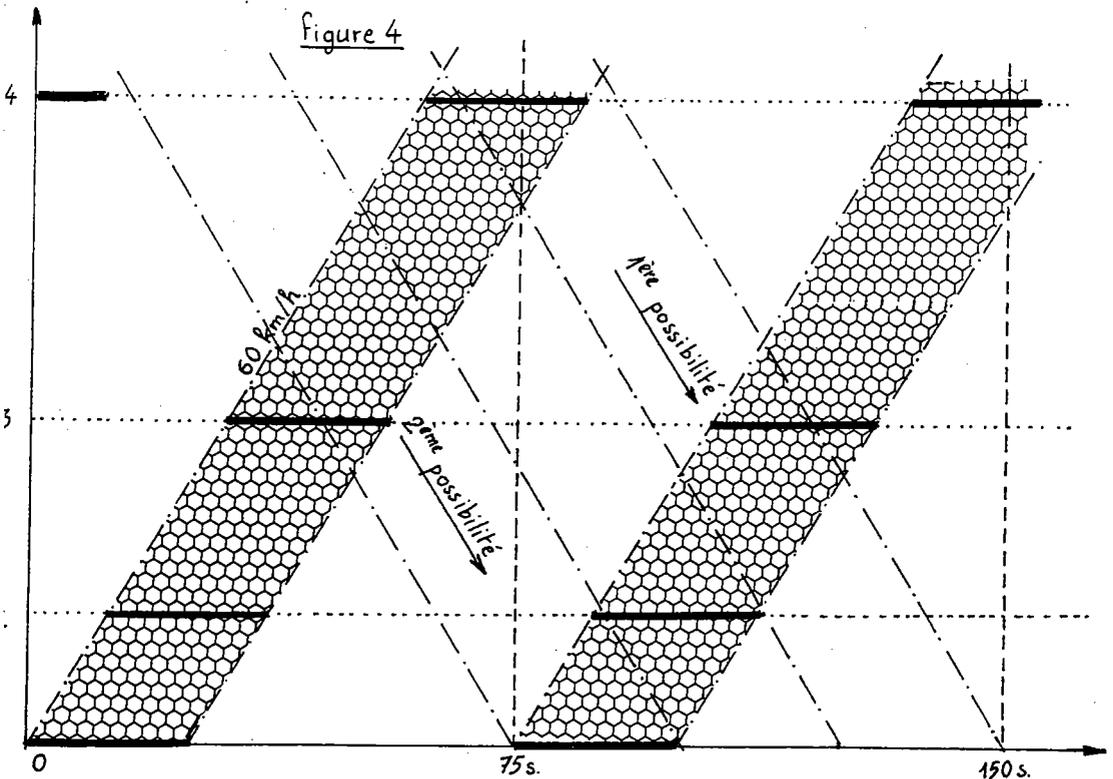


et laissant une durée suffisante du vert sur les axes transverses.

— Deux solutions, indiquées sur la figure 4 sont possibles, à quelques secondes près. La première entraîne le dédoublement des feux F1 et F2, la deuxième celui de F2 et F4.

Les élèves se rendent compte qu'il n'est peut-être pas toujours possible de synchroniser un axe dans les deux sens.

Et surtout, ils sont étonnés de résoudre un problème sans équations et encore plus d'apprendre que je ne connais pas de méthode calculatoire.



 LA SYNCHRONISATION
 DES FEUX TRICOLORS

9°) Visite du P.C. de la circulation de la ville de Colmar

Etant donné la proximité entre le P.C. et le lycée, cette visite s'est faite lors d'une séance de T.D., chacune des demi-classes visitant à tour de rôle. Cela avait deux avantages : ne pas troubler les autres cours ; s'adapter aux locaux exigus du P.C..

Les locaux sont peu spectaculaires : un bureau pour un contrôleur et une salle abritant un ordinateur assurant la régulation des feux. En fait ce sont les explications du contrôleur qui ont passionné les élèves.

A la question "pourquoi n'a-t-on pas synchronisé tel axe ?", question on ne peut plus personnalisée, il fut répondu à la fois par des considérations de densité de trafic (on ne synchronise que le long d'axes très empruntés) et par des considérations économiques et techniques : les feux qui sont synchronisés sont reliés entre eux et au P.C. par un câble. Toute autre liaison ne saurait assurer la précision indispensable à une réelle synchronisation.

Tous les axes synchronisés de la ville nous ont été montrés sur le plan, en nous faisant remarquer les bonnes surprises, c'est-à-dire les itinéraires (souvent transverses) qui se retrouvent synchronisés par hasard. D'autres axes à double sens de circulation ne peuvent pas être synchronisés aussi a-t-on mis en place deux synchronisa-

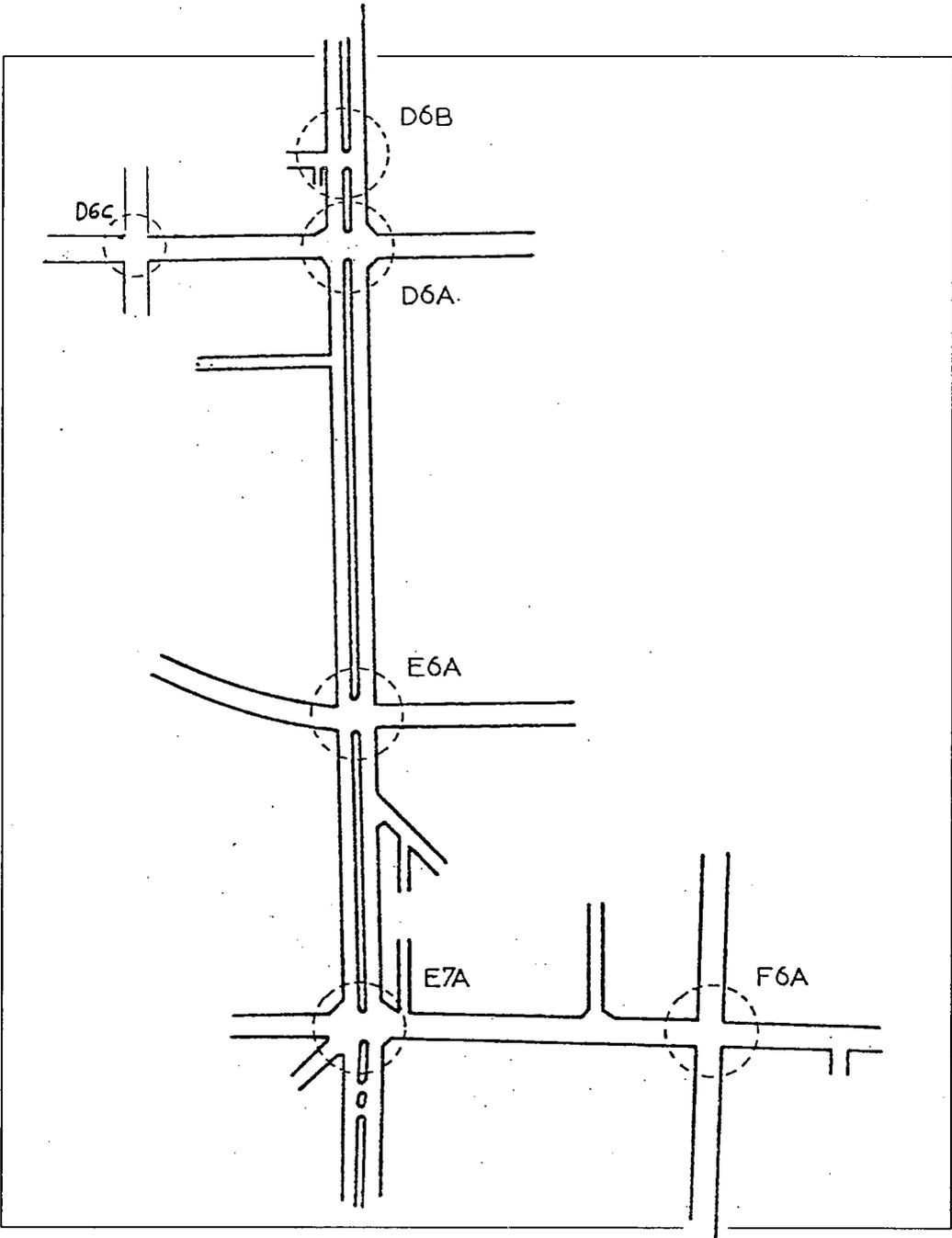
tions (une pour chaque sens), chacune de ces synchronisations étant utilisée alternativement en fonction du flux majoritaire de circulation, heures creuses ou non, flux sortant de la ville ou au contraire y entrant.

Comme nous l'a fait remarquer le responsable, l'idéal serait d'avoir à équiper une ville à l'américaine où un quadrillage de rues régulièrement espacées permet de tout synchroniser. Mais au fait, quelle devrait être la distance entre deux rues consécutives pour que cela soit possible ? Il y a évidemment une zone de solutions, mais nous n'avons pu aborder ce problème soulevé lors de notre visite, par manque de temps (la fin de l'année scolaire étant en vue !).

Il est instructif d'apprendre qu'en cas de dérèglement d'un feu, celui-ci passe automatiquement au clignotant orange tandis que la lampe correspondante sur le grand plan de la ville se met à clignoter.

Mais ce qui a le plus étonné les élèves c'est la similitude entre les graphiques que nous avons fait en classe et ceux qui leur ont été présentés. On trouvera ci-après une copie de diagramme utilisé par les services municipaux⁽⁴⁾. Ils sont bien du même style que ceux réalisés par les élèves et qui ont été donnés plus haut. S'ils paraissent plus compliqués, c'est qu'ils combinent la synchronisation de deux rues et d'une fourche (à partir du carrefour D6A on continue vers le haut pour atteindre D6B et on revient vers le bas pour atteindre D6C).

(4) Ces diagrammes correspondent à une partie de l'avenue de l'Europe et je m'en étais inspiré pour le point 8 (voir note 3).



17/06/80

HEURE DE POINTE SORTIE DE VILLE

Cy: 902 Prq: S1

