

REPRESENTATION DES ELEVES EN MATHEMATIQUES ET EN PHYSIQUE SUR LES VECTEURS ET LES GRANDEURS VECTORIELLES LORS DE LA TRANSITION COLLEGE-LYCEE

Christiane GENIN
Jacques MICHAUD-BONNET
Andrée PELLET
Groupe de Recherche en Didactique
de la Physique de Marseille

I - PRESENTATION.

Des travaux précédents (1), (2), (3) nous ont montré qu'en fin de terminale et même en fin de 1ère année de Deug scientifique une proportion importante (de 30 à 50%) d'élèves réduit les grandeurs physiques vectorielles à la mesure de leur intensité. D'autres travaux menés parallèlement (4) ont mis en évidence les difficultés des élèves dans la localisation du point d'application des grandeurs physiques vectorielles (en particulier, les forces). Il nous a paru intéressant de centrer notre étude sur le début de la classe de seconde et ce, pour plusieurs raisons :

i) La transposition didactique de la physique est profondément modifiée lors de la coupure Collège-Lycée : la physique est complètement "démathématisée" au collège ; par contre, dès les premiers cours de mécanique au lycée, la formalisation s'impose (5), (6).

ii) Les concepts mathématiques de bipoint et de vecteur sont enseignés dès la classe de 4ème, revus en classe de 3ème et encore repris en classe de seconde. Par conséquent, l'argument de non-antériorité des mathématiques sur la physique ne peut être invoqué ici pour expliquer les difficultés rencontrées par les élèves en mécanique.

Nous avons donc essayé de connaître les conceptions des élèves en fin de 3ème. Ce sont les résultats de ce travail que nous présentons ici : entretiens, questionnaires et essai d'interprétation des réponses erronées par une rapide analyse de manuels de 4ème et 3ème.

II - METHODOLOGIE.

Nous avons élaboré un questionnaire qui portait sur les trois sujets suivants :
- équipollence de deux bipoints

- égalité de deux vecteurs
- somme de deux vecteurs.

Sur ces deux derniers points, des exercices similaires étaient proposés en Mathématiques et en Physique. La passation de ce questionnaire a été réalisée, au mois de février 1986, dans deux classes de seconde d'un même lycée que nous noterons classe C1 et classe C2. Pour la classe C1 l'enseignement de mécanique n'avait pas commencé, pour la classe de C2, il venait de se terminer. La classe C1 comportait 39 élèves, la classe C2, 36 élèves. La première est une bonne classe, la deuxième une très bonne classe, la meilleure des 16 classes de seconde du lycée concerné.

De plus, quelques interviews ont été nécessaires afin de préciser certains modes de raisonnement.

III - BIPOINT ET VECTEUR.

3.1 Présentation du questionnaire.

Dans cette partie du questionnaire, proposée seulement à la classe C1, nous avons cherché à savoir si les représentations didactiques des élèves sur le bipoint ne subissaient pas une dérive vers les représentations du vecteur, plus opératoires.

Pour cela, nous avons proposé 3 situations (B) mettant en jeu deux bipoints qui n'étaient pas équipollents. Pour chaque situation, un seul "caractère vectoriel" (sens, direction, norme) est différent sur le couple des bipoints (voir remarque*)

- B1 (A, B) et (C, D) n'ont pas "même sens"
- B2 (A, B) et (C, D) n'ont pas "même direction"
- B3 (A, B) et (C, D) n'ont pas "même norme".

Indépendamment et de façon séparée au sein du questionnaire, nous avons proposé 3 situations (V) mettant en jeu deux vecteurs différant, comme pour les situations analogues (B), par un seul caractère vectoriel (*).

- V1 \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{CD} n'ont pas même sens
- V2 \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{CD} n'ont pas même direction
- V3 \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{CD} n'ont pas même norme.

L'élève devait répondre par VRAI ou FAUX aux affirmations :

"les bipoints (A, B) et (C, D) sont équipollents" pour B

"les vecteurs \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{CD} sont égaux" pour V

en justifiant sa réponse.

B			
V			

* Remarquons que pour les situations B2 et V2 le caractère "direction différente" devrait rendre non pertinent le caractère "sens différent".

3.2 Résultats.

Tous les résultats sont donnés en effectifs et non en pourcentage.

3.2.1 Réponses correctes, incorrectes, non réponses.

	B 1	V 1	B 2	V 2	B 3	V 3
Réponses correctes	11	38	38	36	29	29
Réponses incorrectes	28	1	1	3	10	6
Non réponses	0	0	0	0	0	

Tableau 1

Commentaires.

– Tous les élèves répondent à toutes les situations sauf à la situation V3 où les vecteurs \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{CD} ont même direction, même sens et ne diffèrent que par la norme.

– Peu de réponses sont incorrectes pour les situations B2 et V2 où les directions des éléments diffèrent et où le sens n'est pas un critère pertinent de différence.

– On trouve un peu plus de réponses incorrectes pour les situations B3 et V3 où les normes sont différentes.

– Une seule réponse est incorrecte pour la situation V1 où \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{CD} de même direction, de même norme, ne diffèrent que par le sens. Le résultat le plus intéressant est le grand nombre de réponses incorrectes à la situation B1: 28 sur 39) où les bipoints étaient "opposés".

– En résumé, les réponses correctes sont nombreuses pour les situations B2, V2 et V1, un peu moins nombreuses pour B3 et V3, rares pour la situation B1.

3.2.2 Croisement réponses-justification.

La catégorisation des justifications a été faite à partir de l'analyse d'un manuel de mathématiques (7) de 4ème. La leçon "Vecteurs du plan" débute par la définition des bipoints équipolents :

DÉFINITION. Soit (A, B) et (C, D) deux bipoints du plan P .
On dit que le bipoint (C, D) est équipolent au bipoint (A, B)
si, et seulement si, le milieu de (C, B) est le milieu de (D, A) .
On écrit : (C, D) éq. (A, B) .

et est immédiatement suivie par la propriété :

(C, D) éq. (A, B) équivaut à : $(\overrightarrow{C, D}, \overrightarrow{B, A})$ est un parallélogramme.

Les élèves ont donc à leur disposition deux critères, et deux seulement, chacun d'entre eux justifiant à lui seul l'équipollence ou la non équipollence. Nous nous attendions donc à retrouver, pour les justifications des réponses, ces deux critères. Ceux-ci ont été effectivement évoqués par les élèves mais les notions de direction, sens et norme sont également apparues. Or les 3 critères ne peuvent être que dérivés de la définition ou de la propriété précédente ou plutôt rétrocédés par l'apprentissage des vecteurs. C'est en effet seulement lors de l'étude des vecteurs que les éléments : direction, sens, norme d'un vecteur sont explicitement définis. Ces propriétés, établies ultérieurement à l'étude des bipoints, permettent alors une modification, un enrichissement de la notion de bipoint ; celui-ci se voit, de façon rétroactive, affublé d'une direction, d'un sens, d'une longueur-norme directement déduite des propriétés du vecteur dont le bipoint n'est qu'un représentant. C'est ce qui explique que depuis le début, les termes "sens" "direction" et "norme" d'un bipoint ont été mis entre guillemets.

Remarquons également que l'équipollence de deux bipoints requiert l'égalité des trois critères : direction-sens-norme, la non-équipollence pouvant se justifier par la différence d'un seul d'entre eux.

Les 6 situations présentées n'impliquant que des couples de bipoints ou de vecteurs différents, la justification de l'expert ne relève que l'élément différent. Il n'en est pas de même pour les élèves qui peuvent relever pour chaque situation les éléments égaux et ceux qui ne le sont pas :

Dans la situation B3, par exemple, un élève justifie sa réponse correcte: $(A, B) \parallel (C, D)$ par $(A, B) // (C, D)$, $AB = CD$ (!), (A, D) et (B, C) n'ont pas même milieu.

Dans l'analyse des résultats nous avons conservé tous les contenus des réponses des élèves, ce qui explique que le total des éléments ayant servi à la réponse au "Pourquoi" excède le nombre de répondants.

Catégorisation des justifications "négation".

- (A, D) et (B, C) n'ont pas même milieu (notée μ)
- (A, B, D, C) n'est pas un parallélogramme (notée $\#$)
- (A, B) n'a pas même direction que (C, D) (notée \parallel)
- (A, B) n'a pas même sens que (C, D) (notée \rightarrow)
- (A, B) n'a pas même longueur-norme que (C, D) (notée d)
- les justifications "affirmation" sont évidemment notées

$\mu, \#, //, \rightarrow, d$

et les notations sont les mêmes pour les situations (B) et (V).

Réponses	correctes										incorrectes										
	μ	$\#$	$//$	\rightarrow	d	μ	$\#$	\parallel	\rightarrow	d	μ	$\#$	$//$	\rightarrow	d	μ	$\#$	\parallel	\rightarrow	d	
B1			1		1	4	1	1	5		4	5	16	4	15						
B2				1		6	6	23	1	2					1						
B3			1		1	7	4	1		16	2		5	4							
V1			2	2	3			9	26				1	1	1						
V2				1	1			27	4	2					2						
V3			1							2	24		5	3							

Tableau 2

Croisement type de réponse correcte, incorrecte avec la nature des justifications.

Commentaires.

Les réponses de l'expert correspondent, pour chaque situation, aux cases encadrées en trait plein. Les 3 cases encadrées par un pointillé correspondent à des justifications qui bénéficient du glissement des caractères vectoriels sur les bipoints.

Vecteurs V1, V2, V3.

Les résultats à ces trois situations sont homogènes : le nombre d'ajustements corrects à une réponse correcte est du même ordre (26 ; 27 ; 24). Il faut néanmoins faire plusieurs remarques :

a) Pour V1, 9 élèves concluent à la non égalité des vecteurs \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{CD} non pas à cause du sens différent, mais de la direction différente ; on peut penser qu'il y a confusion au niveau du langage entre sens et direction, ce qui se confirme pour les élèves qui pour V2 trouvent des sens différents ; 3 de ces 4 élèves (V2) sont parmi les 9 (V1).

b) Le nombre d'arguments donnés dans les justifications à une réponse correcte est du même ordre que le nombre de réponses correctes.

c) Quelques arguments non pertinents sont produits avec une réponse correcte ; 4 élèves ne donnent que ces arguments non pertinents comme s'ils correspondaient à une recherche et à une non explication de l'argument lorsque la recherche a abouti et permet la production de la réponse correcte.

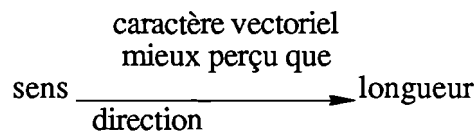
d) Les réponses incorrectes ne proviennent pas d'erreur logique mais de la non-perception du critère pertinent.

e) Le faible nombre de réponses incorrectes ne permet pas d'assurer qu'il existe une hiérarchie dans les éléments visuels qui caractérisent le vecteur ; on ne peut que souligner les faits suivants :

seulement 1 élève sur 39 voit les deux vecteurs de V1 de même sens (en soulignant en plus le parallélisme et l'égalité des longueurs),

2 élèves sur 39, fixés par l'égalité des segments de V2 ne repèrent pas le non parallélisme,

6 élèves sur 39, obnubilés par le parallélisme et le même sens, ne soulignent pas la différence de longueur des vecteurs de V3, ce qui peut se schématiser par la tendance



Bipoints B1, B2, B3.

Contrairement aux résultats obtenus en V1, V2 et V3, on note une grande hétérogénéité dans les justifications, comme dans les performances, sur les situations portant sur les bipoints.

a) Alors que l'équipollence des bipoints est définie par l'identité des milieux de (A, D) et (B, C), cette définition n'est pas reconnue comme très opératoire par l'ensemble des élèves pour la décélérer.

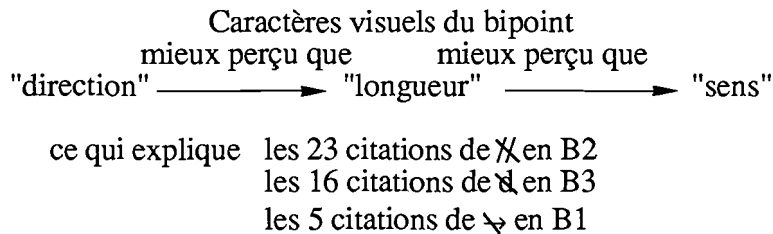
μ : 4 pour B1 ; 6 pour B2 ; 7 pour B3 (réponses correctes)
 μ : 4 pour B1 ; 0 pour B2 ; 2 pour B3 (réponses incorrectes).

b) De même, la propriété de deux bipoints équipollents qui forment un parallélogramme n'est que peu utilisée.

$\#$: 1 pour B1 ; 6 pour B2 ; 4 pour B3 (réponses correctes)
 $\#$: 5 pour B1 ; 0 pour B2 ; 0 pour B3 (réponses incorrectes).

c) L'essentiel des arguments retenus, à tort ou à raison, par les élèves résulte du glissement des caractères du vecteur sur le bipoint.

d) Il semble bien qu'entre les éléments visuels d'un bipoint, on puisse à partir des résultats établir une hiérarchie.



e) On n'assiste à aucun glissement des caractères du bipoint sur le vecteur.

3.3 Conclusion.

\longrightarrow Les éléments visuels qui s'ajoutent au bipoint (A, B) pour passer au vecteur AB, d'une part le segment de droite AB, d'autre part la flèche qui transcrit l'ordre dans le bipoint, rendent les caractères "direction", "sens", "norme" beaucoup plus opératoires pour les vecteurs que pour les bipoints.

La prégnance de ces éléments visuels est telle que l'élève remplace dans ses conceptions du bipoint, les caractères du bipoint, plus difficiles à mettre en œuvre, par les caractères du vecteur.

Il reste à savoir si les performances sur les bipoints ne se hisseraient pas au niveau de celles obtenues sur les vecteurs, à partir du moment où ces éléments seraient introduits de façon explicite lors de l'étude du bipoint.

IV - EGALITE VECTORIELLE.

Comme nous l'avons déjà indiqué dans la représentation, bien souvent en Physique, les élèves ou étudiants trouvent que deux vecteurs sont égaux, alors que seulement leur norme sont égales. Pour ces élèves, la direction et le sens semblent n'avoir aucune importance. Obtient-on le même type d'erreur si les vecteurs sont considérés d'un point de vue mathématique ? En Physique ce mode de raisonnement peut être induit par le fait que la valeur numérique figurant dans l'énoncé d'un problème est la **norme** du vecteur ; la direction et le sens ne sont pas explicités, cette donnée est sous-jacente et fait souvent partie de la connaissance que doit avoir l'élève : il doit effectivement savoir que la vitesse d'un mobile est tangente à la trajectoire et que son sens est celui du déplacement, que le poids est vertical, qu'une force de tension a la direction du fil, etc.

Cette partie du questionnaire va permettre de tester si la notion d'égalité de vecteurs (vue en classe de quatrième et révisée en troisième) est bien "passée" du point de vue mathématique et si cette notion est bien appliquée aux vecteurs qu'ils ont l'habitude de manipuler en Physique en classe de troisième : vitesse d'un mobile et force.

4.1 Choix des questions posées aux élèves.

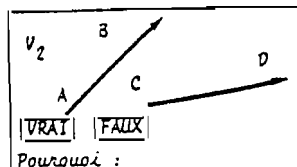
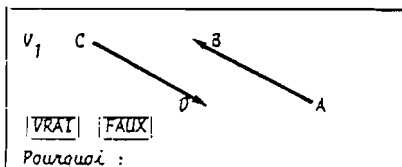
Les élèves devront, soit en considérant des schémas dans un cadre mathématique, soit en schématisant des situations physiques, se prononcer sur l'égalité de deux vecteurs. Les vecteurs faisant l'objet de la comparaison sont choisis de façon à avoir la même norme. En mathématique cela n'est pas indiqué de façon explicite sur le schéma mais l'élève peut par simple observation ou au moyen d'un double décimètre s'en assurer. Sur le schéma qui représente les situations physiques, la valeur numérique correspondant à la norme du vecteur est écrite de façon très explicite à côté de chacune des situations.

L'EGALITE, ou plutôt la non égalité, des vecteurs sera testée, dans le cadre des deux disciplines, lorsque les vecteurs ont

- même direction (VC : Vecteurs Colinéaires)
- des directions différentes (VNC : Vecteurs Non Colinéaires).

La question posée dans le cadre **mathématique** est

$$\vec{AB} = \vec{CD} ?$$



Sur le schéma V1 sont représentés deux vecteurs \vec{AB} et \vec{CD} de même norme, même direction et sens différents ; sur le schéma V2 les vecteurs \vec{AB} et \vec{CD} , toujours de même norme, ont des directions différentes.

Les situations **physiques** proposées sont les suivantes :

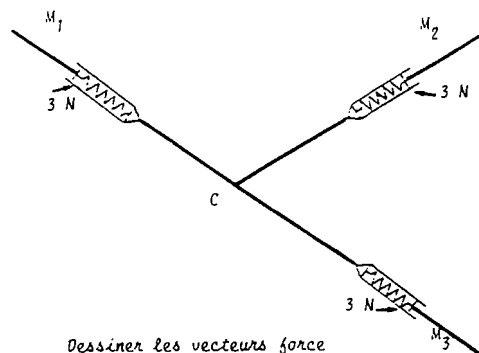
Ex : VOIT

La voiture roule à 60 km à l'heure tout au long du trajet A,B,C.

- Dessiner les vecteurs vitesse \vec{v}_A , \vec{v}_B , \vec{v}_C .

a - Le vecteur vitesse est le même en A et en B
 vrai faux

b - Le vecteur vitesse est le même en A et en C
 vrai faux

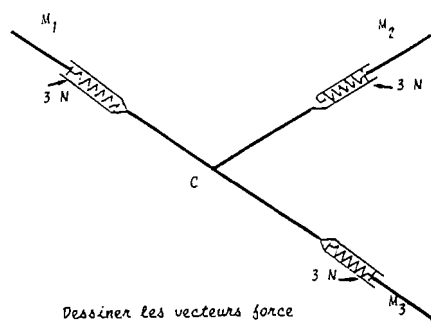
Ex : FOR

a- Les vecteurs force exercés sur le clou C par la main 1 (M_1) et la main 2 (M_2) sont les mêmes

vrai faux

b- Les vecteurs force exercés sur le clou C par la main 1 et la main 3 (M_3) sont les mêmes

vrai faux

Ex : FOR

a- Les vecteurs force exercés sur le clou C par la main 1 (M_1) et la main 2 (M_2) sont les mêmes

vrai faux

b- Les vecteurs force exercés sur le clou C par la main 1 et la main 3 (M_3) sont les mêmes

vrai faux

Les grandeurs physiques, représentées par les vecteurs, sont des vitesses et des forces.

La reconnaissance d'égalité ou plutôt d'inégalité de vecteurs colinéaires est testée dans les situations des exercices VOIT et FOR b, de vecteurs non colinéaires est testée dans les situations des exercices VOIT a, FOR a, et BAL.

4.2 Résultats obtenus dans la classe C1 (avant enseignement de la mécanique).

4.2.1. En mathématiques.

Dans le cas des **Vecteurs Colinéaires (V1)** on obtient :
37 réponses correctes

1 réponse incorrecte

1 non réponse

Les justifications des réponses sont bonnes : "les vecteurs ont des sens différents", "ils sont opposés"; quelques élèves, peu nombreux, parlent de "direction différente"; mais une comparaison de leurs réponses avec celles qu'ils ont données lorsqu'il s'agissait de vecteurs de direction différente permet de dire qu'ils confondent, sur le plan du langage, sens et direction.

Dans le cas des **Vecteurs non colinéaires (V2)** les résultats sont très comparables à ceux obtenus précédemment.

36 réponses correctes

3 réponses incorrectes.

Les justifications des réponses sont les suivantes : "directions différentes" (pour beaucoup de réponses), "non parallèles", "non équipollents" et "sens différents" (pour ceux qui confondent sens et direction).

Il est à remarquer que les trois élèves qui ont donné des réponses incorrectes justifient le fait, qu'ils ont noté les vecteurs égaux, en affirmant que leurs normes sont égales.

On peut aussi noter que les justifications données pour prouver l'égalité de deux vecteurs ne se rapportent pratiquement jamais à la définition de l'égalité de 2 vecteurs donnée dans un livre de 4ème (7) :

V Egalité de deux vecteurs

$\vec{CD} = \vec{AB}$ si et seulement si la classe d'équivalence de (C, D) est confondue avec la classe d'équivalence de (A, B) , donc si et seulement si : $(C, D) \text{ éq. } (A, B)$:

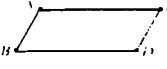
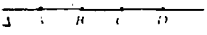
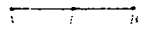
$\vec{CD} = \vec{AB}$ équivaut à : $(C, D) \text{ éq. } (A, B)$.

Puis plus loin :

Les propriétés établies dans I permettent d'écrire le tableau ci-dessous :

LA PROPRIÉTÉ	EST EQUIVALENTE A	TRADUCTION
$\vec{CD} = \vec{AB}$	$\vec{CA} = \vec{DB}$	échange des points moyens
$\vec{CD} = \vec{AB}$	$\vec{BD} = \vec{AC}$	échange des points extrêmes.
$\vec{CD} = \vec{AB}$	$\vec{BA} = \vec{DC}$	échange des points moyens et extrêmes.

ainsi que les propriétés ci-après :

 <p>$\vec{CD} = \vec{AB}$ équivaut à : \vec{CDBA} est un parallélogramme.</p>	 <p>Si A, B, C, D sont quatre points d'une droite d, alors : $\vec{CD} = \vec{AB}$ équivaut à : $\vec{CD} = \vec{AB}$ (en supposant d munie d'un repère).</p>	 <p>$\vec{AI} = \vec{IB}$ équivaut à : I est le milieu de (A, B).</p>
--	---	--

Mais on ne trouve pas dans le cours : deux vecteurs sont égaux lorsqu'ils ont même direction, même sens et même norme ; critères qui sont utilisés pour la justification de l'égalité de deux vecteurs en Physique.

C'est pourtant, dans la plupart des cas, ce type de justification qui est donné par les élèves.

On peut rapidement conclure en disant que du point de vue mathématique l'égalité de deux vecteurs semble bien acquise, les justifications que les répondants donnent sont proches de celles que les physiciens attendent... Les élèves semblent donc aptes à manipuler correctement les vecteurs en physique.

4.2.2 En physique.

a) Vecteurs colinéaires.

Il s'agit des résultats obtenus aux ex. VOIT b et FOR b qui figurent dans le tableau suivant :

	VOIT _b	FOR _b
Rep. correcte	9	9
Rep. incorrecte	28	25
NR	2	5

Tableau 3

Les résultats globaux sont comparables : 9 élèves ont donné des réponses correctes à chacun des exercices, 25 ou 28 donnent une réponse fausse.

Un comparaison des résultats obtenus par chaque élève aux deux exercices permet un classement de ces derniers en trois groupes :

- réponses correctes aux deux exercices
- réponses incorrectes aux deux exercices
- réponses correcte pour un exercice et incorrecte pour l'autre.

Réponses correctes aux 2 exercices		3
Réponses incorrectes aux 2 exercices		19
VOIT _b et FOR _b	Réponse correcte Réponse incorrecte	5
VOIT _b et FOR _b	Réponse incorrecte Réponse correcte	6
N.R.		6

Tableau 4

Alors que 9 réponses correctes avaient été notées pour chaque exercice pris séparément, on peut constater que **trois** élèves seulement ont répondu correctement à l'ensemble des deux exercices et dix neuf ont donné des réponses incorrectes dans les

deux cas. Les dix sept élèves restant ont donné une réponse incorrecte ou n'ont pas répondu à l'une des deux questions posées. Ces élèves ne semblent pas avoir des connaissances bien "assises". Répondent-ils au hasard ? Utilisent-ils des critères différents suivant les problèmes posés ? La situation physique influence-t-elle la réponse ?

Pour essayer de donner un début de réponse à ces questions, nous pouvons citer Jean-Pascal lors d'une interview qui a précédé le questionnaire au sujet de l'exercice VOIT : *"en A et en C la vitesse est la même... mais, je ne sais pas si, en physique, deux vecteurs qui ne sont pas dans le même sens peuvent être égaux"* et le même élève pour l'exercice FOR *"les vecteurs force exercés par M_1 et M_3 , mathématiquement ce ne sont pas les mêmes, je me contredis avec les vitesses, j'en peux plus, je craque."*

De même Sandrine dans l'exercice VOIT : *"pour A et C, oui c'est les mêmes puisqu'ils sont sur la route droite"*.

b) Vecteurs non colinéaires.

Les résultats relatifs aux situations VOIT a, FOR a et BAL figurent dans le tableau suivant :

	Vecteurs colinéaires	Vecteurs non-colinéaires
Réponses correctes pour VOIT et FOR	3	14
Réponses incorrectes pour VOIT et FOR	19	6
1 seule réponse correcte	15	25

Tableau 8

Les résultats sont comparables pour les deux exercices FOR a et BAL mais semblent bien meilleurs (26 réponses correctes au lieu de 19 et 15) pour l'exercice VOIT a. Les remarques faites dans le paragraphe suivant semblent pouvoir donner une explication à cet état de fait.

Lors des interviews, certains élèves, après une rapide réflexion sur "La vitesse de la voiture est-elle la même en A et B ?" (cf. ex. VOIT), ont opté tout de suite pour des vitesses différentes ; par exemple Jean-Pascal : *"Bien sûr, la voiture est en train de tourner !"*. Sandrine : *"le vecteur vitesse n'est pas le même pour A et B puisque B est dans un virage et il ralentit dans un virage"*.

Ce type de réflexion conduit à penser que peut-être le schéma réalisé serait en mesure de justifier l'hypothèse que, lors du virage, il se passe quelque chose de particulier...

En effet, parmi les schémas qui illustrent les 26 réponses correctes, dix schémas s'avèrent erronés :

- sur certains, le vecteur représentant la vitesse de la voiture au point B, lors du virage, n'est pas tangent à la trajectoire,
- sur d'autres, la longueur du même vecteur est différente de celle du vecteur représentant la vitesse dans la partie rectiligne, elle est souvent plus petite. Pourtant à côté de chaque position du véhicule la norme de la vitesse était donnée : 60 km/h.

Le fait que dix étudiants ont donné une réponse correcte accompagnée d'un schéma incorrect ramènerait à $16(26-10)$ le nombre de bonnes réponses pour l'exercice VOIT a.

Dans ces conditions on peut dire que les résultats obtenus aux trois exercices sont comparable, bien que la formulation des énoncés soit légèrement différente : en effet, dans les exercices VOIT et FOR on demandait si les **vecteurs vitesses** étaient les mêmes alors que dans l'exercice BAL la question était $\vec{v}_1 = \vec{v}_3$?

Comme dans le cas des vecteurs de même direction on est amené à juxtaposer les réponses aux trois exercices pour chaque élève ; ce qui permet de les classer en trois groupes :

réponses correctes aux 3 exercices
réponses incorrectes aux 3 exercices
réponses correctes à certains exercices.

Réponses correctes aux 3 exercices		7	
Réponses incorrectes aux 3 exercices ou N.R.		6	
VOIT _a } FOR _a } BAL	Réponse correcte	7	13
	Réponse incorrecte ou N.R.		
VOIT _a } BAL _a } FOR _a	Réponse correcte	4	
	Réponse incorrecte ou N.R.		
FOR _a } BAL _a }	Réponse correcte	2	
VOIT _a	Réponse incorrecte ou N.R.		
1 seule réponse correcte		12	

Tableau 6

On peut faire le même type de remarque que dans le cas des vecteurs de même direction : une bonne partie des élèves (25) a des représentations instables. Ceci peut être illustré par des réflexions recueillies lors des interviews, par exemple Thierry pour l'exercice FOR : "On ne sait pas si ce sont les vecteurs de M_1 et M_2 qui sont égaux ou si ce sont les intensités qui sont égales" et pour l'exercice BAL : "Les intensités sont égales mais pas les directions". Il est intéressant de constater que Thierry, qui est un excellent élève, a donné une réponse erronée pour l'exercice FOR et correcte pour l'exercice BAL ; ceci illustre bien l'hypothèse des représentations instables.

c) Comparaison des résultats obtenus pour vecteurs colinéaires et vecteurs non colinéaires.

Cette comparaison peut se faire pour les exercices de mathématiques et en physique pour les exercices VOIT et FOR seulement.

Les résultats figurent dans le tableau comparatif suivant :

	Vecteurs colinéaires	Vecteurs non colinéaires
Ex. Mathématique		
Réponse correcte	37	36
Réponse incorrecte	1	3
Non réponse	1	0
Ex. VOIT		
Réponse correcte	9	26 (16)
Réponse incorrecte	28	10
Non réponse	2	3
Ex. FOR		
Réponse correcte	9	19
Réponse incorrecte	25	15
Non réponse	5	5

Tableau 7

Globalement, les résultats relatifs aux vecteurs de directions différentes sont bien meilleurs que ceux obtenus pour les vecteurs de même direction.

Les tableaux 5 et 6 peuvent se résumer dans le suivant :

	Vecteurs colinéaires	Vecteurs non-colinéaires
Réponses correctes pour VOIT et FOR	3	14
Réponses incorrectes pour VOIT et FOR	19	6
1 seule réponse correcte	15	25

Tableau 8

Les résultats sont bien meilleurs dans le cas des vecteurs non colinéaires (14 réponses correctes à l'ensemble de deux exercices au lieu de 3, et 6 réponses entièrement fausses au lieu de 19).

Ces résultats permettent d'établir une certaine hiérarchie sur les caractères qui retiennent l'attention de l'élève au sujet de l'égalité de 2 vecteurs. Il semble que la direction soit un critère beaucoup plus important que le sens.

Pour essayer de cerner un peu plus les critères qu'utilise l'élève pour décider de l'égalité de deux vecteurs, il a paru intéressant de comparer entre eux les résultats obtenus pour l'ensemble de chacun des exercices.

On peut supposer que les élèves qui répondent correctement, qu'il s'agisse de vecteurs de même direction ou de direction différente **utilisent les trois critères d'égalité : norme, direction et sens**. Ces élèves sont en petit nombre et, parmi eux, 2 seulement donnent des réponses satisfaisantes aux deux exercices.

Un tiers environ des élèves affirme que deux vecteurs de même direction et de sens différents sont égaux et que deux vecteurs de directions différentes ne sont pas égaux. Pour ces élèves, **la direction est le critère essentiel**. Huit d'entre eux sont cohérents dans leurs réponses pour les deux exercices.

Enfin, pour les élèves qui ont répondu de façon incorrecte, que les vecteurs aient ou non des directions différentes, seule **la norme paraît être leur critère d'égalité** de deux vecteurs.

En **RESUME**, pour cette classe de seconde, testée avant l'enseignement de la mécanique, on peut dire :

- **En Mathématiques**, les connaissances des élèves semblent opératoires pour entreprendre l'étude de la mécanique de seconde. Les critères d'égalité de deux vecteurs donnés par les élèves ne sont pas ceux trouvés dans les livres de mathématiques, mais ceux qui seront utilisés le plus couramment en physique.

- **En Physique**, peu d'élèves tiennent compte de la norme, de la direction et du sens et donnent des résultats corrects. La plupart du temps ils répondent de façon correcte ou incorrecte suivant les exercices. Ils semblent appliquer aux vecteurs représentant les grandeurs physique soit l'un, soit l'autre des critères d'égalité utilisés en mathématiques. Pour certains, la norme seule les préoccupe, d'autres utilisent norme et direction, c'est le sens qui semble être le critère le moins prégnant.

4.3 Résultats obtenus dans la classe C2 (après enseignement de la mécanique).

Les résultats obtenus par cette classe seront donnés seulement sous la forme de tableaux comparatifs. Les résultats seront commentés en faisant un parallèle avec ceux obtenus par la classe C1.

	Vecteurs colinéaires	Vecteurs non colinéaires
Ex. Mathématique		
Réponse correcte	31	32
Réponse incorrecte	4	4
Non réponse	1	0
Ex. VOIT		
Réponse correcte	25	30
Réponse incorrecte	10	5
Non réponse	1	1
Ex. FOR		
Réponse correcte	27	30
Réponse incorrecte	8	5
Non réponse	1	1
Ex. BAL		
Réponse correcte		29
Réponse incorrecte		4
Non réponse		3

Tableau 9

- En mathématiques les résultats sont bons... mais comparativement moins bons que dans la classe C1. (31 réponses correctes sur 36 au lieu de 37 sur 39).

- Les performances sont un peu meilleures lorsqu'il s'agit de directions différentes mais ce résultat est beaucoup moins marqué que dans l'autre classe.

Dans l'ensemble une proportion importante d'élèves répond correctement quel que soit l'exercice (25 sur 36 paraît être le moins bon taux de réussite).

Comme précédemment on est amené à classer les élèves en trois groupes :

- réponses correctes aux 2 exercices VOIT et FOR
- réponses incorrectes aux 2 exercices VOIT et FOR
- réponses correctes à l'un ou à l'autre des exercices.

	Vecteurs colinéaires	Vecteurs non colinéaires
Réponses correctes pour VOIT et FOR	24	28
Réponses incorrectes pour VOIT et FOR	7	3
1 seule réponse correcte	5	5

Tableau 10

- On peut, comme dans la classe C1, dire que les résultats sont meilleurs dans le cas de directions différentes. (28 réponses correctes au lieu de 24 et 3 réponses

incorrectes au lieu de 7) ; les différences sont moins marquées que dans la classe C1 et les résultats sont meilleurs ; ce qui paraît important à signaler c'est le faible nombre d'élèves (5) donnant des réponses incohérentes aux 2 exercices (15 pour vecteurs colinéaires, 25 pour vecteurs non colinéaires dans la classe C1).

Pour cerner les critères qu'utilise l'élève pour décider de l'égalité de deux vecteurs, nous avons, comme précédemment, comparé entre eux les résultats obtenus pour l'ensemble de chacun des exercices.

Contrairement à la classe C1, un grand nombre d'élèves (les deux tiers environ) paraît utiliser les trois critères d'égalité : norme, direction et sens. De plus, les réponses semblent être beaucoup plus cohérentes dans la classe C2 que dans la classe C1 : 31 élèves (12 seulement pour la classe C1) ont répondu de façon cohérente aux deux exercices (qu'il s'agisse de réponses correctes ou incorrectes).

Si l'on pouvait considérer que ces deux classes avaient le "même niveau" avant enseignement de la mécanique on pourrait dire que l'enseignement a eu pour effet de **stabiliser** les connaissances des élèves, ce qui se traduit par de **meilleurs résultats** aux exercices proposés et une **cohérence** beaucoup plus grande de ces résultats.

V - ADDITION VECTORIELLE.

L'objectif de cette partie du questionnaire est de tester les performances des élèves de seconde quant à la construction graphique du vecteur somme de deux vecteurs. Notre hypothèse principale est la suivante : même si cette construction est faite correctement dans un exercice de mathématiques, elle continue de poser des problèmes lors des exercices de physique, alors qu'en première analyse le passage des mathématiques à la physique semble être uniquement le remplacement d'un vecteur "anonyme" \vec{AB} par un vecteur \vec{F} qui représente la grandeur physique force.

Dans une première partie, nous allons présenter les résultats du questionnaire ; nous essaierons ensuite d'expliquer les erreurs observées en faisant une rapide analyse des manuels de 4ème et 3ème.

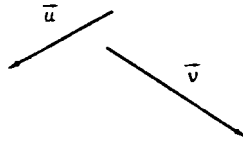
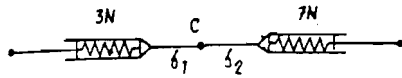
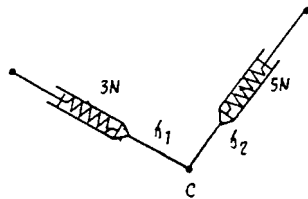
5.1 Choix des questions posées aux élèves.

Il nous a paru intéressant, aussi bien en mathématiques (M) qu'en physique (P) de considérer deux situations : dans la première les vecteurs à sommer sont colinéaires et de sens inverse (VC), dans la deuxième ils ont des directions quelconques (VNC). Nous avons donc proposé les 4 exercices suivants :

M₁



Construire la somme $\vec{u} + \vec{v}$

M₂Construire la somme $\vec{u} + \vec{v}$ P₁Construire la somme $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$.Dessiner les vecteurs force \vec{F}_1 et \vec{F}_2 exercés par les fils b_1 et b_2 sur le clou C.P₂Dessiner les vecteurs force \vec{F}_1 et \vec{F}_2 exercés par les fils b_1 et b_2 sur le clou C.
Construire la somme $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

5.2 Analyse des résultats.

5.2.1 Résultats relatifs à la classe C1 (avant enseignement de la mécanique).

Les 39 réponses se répartissent de la façon suivante :

Type de réponse	Type d'exercice	Vecteurs colinéaires V C (P ₁ et M ₁)	Vecteurs non colinéaires V N C (P ₂ et M ₂)
I	Correcte en math. et en physique	10 (5)	6 9 (6)
II	Correcte en math. Incorrecte ou incomplète en physique	15	15
III	Incorrecte ou incomplète en math. Correcte en physique.	2	3
IV	Incorrecte ou incomplète en math. et en physique	12	12

Tableau 11

Notons tout d'abord que 5 élèves dans le cas VC, 6 dans le cas VNC, n'ont pas, en physique, représenté les longueurs des vecteurs proportionnellement aux indications données par les dynamomètres (ceci est dû à l'absence d'échelles dans les énoncés). Cette erreur ne faisant pas partie de celles que nous voulons analyser, nous avons considéré ces réponses comme correctes et nous les avons placées dans la catégorie correspondante. Six élèves seulement ont répondu correctement à l'ensemble des 4 exercices.

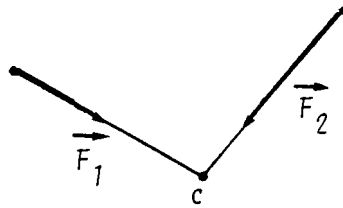
Nous remarquons tout de suite que notre hypothèse de départ semble bien être vérifiée : près de 40% des réponses appartiennent à la catégorie II ; néanmoins il faut tempérer ce résultat du fait que les élèves n'avaient plus reçu d'enseignement de mécanique depuis l'année précédente. Mais il faut aussi remarquer que plus d'un tiers des élèves fournit des réponses incorrectes ou incomplètes dans les exercices de mathématiques alors que l'addition vectorielle est au programme des classes de 4ème et 3ème.

a) Analyse des réponses de la catégorie II.

Il nous a paru intéressant d'analyser les réponses partielles ou incorrectes. Celles-ci peuvent être classées en 2 catégories :

- \vec{F}_1 et \vec{F}_2 incorrectement tracées
- \vec{F}_1 et \vec{F}_2 correctement tracées

i) Les erreurs dans la représentation des forces concernent le sens ou l'origine, le plus souvent le sens et l'origine comme l'indique, par exemple, le schéma suivant :

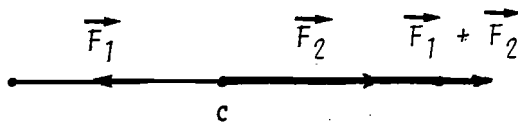


Sch. 1

Bien entendu, cette erreur ne peut se trouver en mathématiques puisque le problème de l'origine des vecteurs ne se pose pas (classe d'équivalence de bipoints). Il semble que cette erreur soit due à la fois à une certaine incompréhension de la physique et un manque de clarté dans les différences entre "vecteurs mathématiques" et "vecteurs de la physique", ce qui nous avait été confié par un élève lors d'une interview.

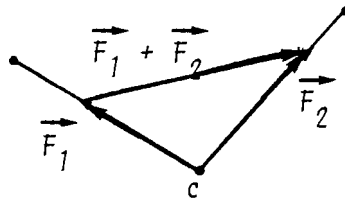
ii) Le deuxième type de réponses partielles ou incorrectes est plus intéressant du point de vue des relations Math-Physique. Ce sont les schémas des élèves qui dessinent correctement les forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 et tracent une somme incorrecte.

Comme nous le verrons plus loin en analysant les schémas incorrects en mathématiques, certaines constructions incorrectes se trouvent déjà dans cette discipline et ne sont donc pas spécifiques de la physique, par exemple :



Sch. 2

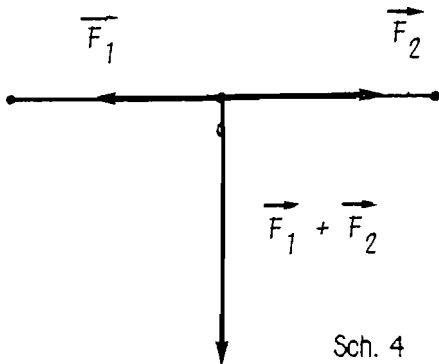
ou



Sch. 3

Remarquons que dans le schéma 2 il y a conservation de la norme.
Par contre certaines constructions sont spécifiques de la physique, par

exemple :

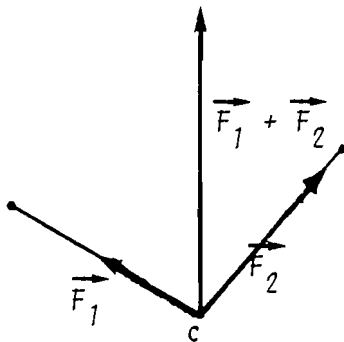


Sch. 4

On peut penser que cette construction provient de réminiscences du programme de 3ème, le poids, force toujours verticale, faisant l'objet d'un chapitre particulier. On a encore :

$$\|\vec{F}_1 + \vec{F}_2\| = \|\vec{F}_1\| + \|\vec{F}_2\|$$

Ce schéma est à rapprocher du suivant, produit par le même élèves.

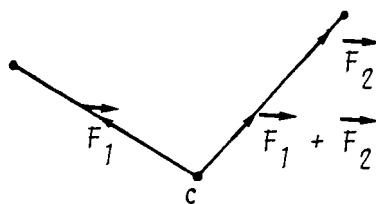


Sch. 5

Le schéma montre également que

$$\|\vec{F}_1 + \vec{F}_2\| = \|\vec{F}_1\| + \|\vec{F}_2\|$$

Le schéma suivant suggère que "la force de plus grande norme l'emporte".



Sch. 6

et l'élève a écrit à côté de sa construction

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 2N$$

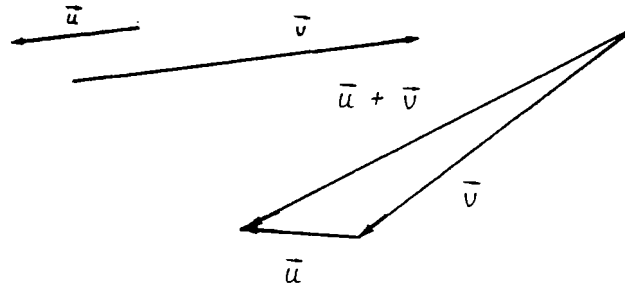
b) Analyse des réponses de la catégorie IV.

Les erreurs en Physique dont celles que nous venons de décrire. Les erreurs en mathématiques sont de deux types :

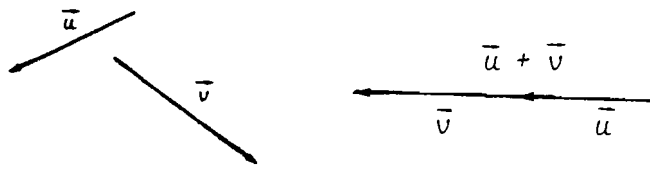
- celles que l'on retrouve en physique, du type des schémas 2 et 3,

- celles qui sont spécifiques aux mathématiques.

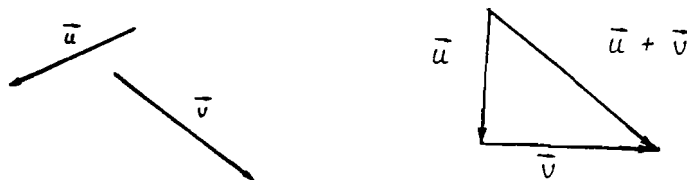
Il existe en effet une difficulté supplémentaire par rapport à la physique : il faut en effet tracer les représentants des vecteurs donnés à partir d'un point quelconque du plan. Dans de nombreux cas, cette translation ne se fait pas correctement ; il n'y a pas conservation de la direction ou du sens des vecteurs. Par contre la norme est toujours conservée.



Sch. 7

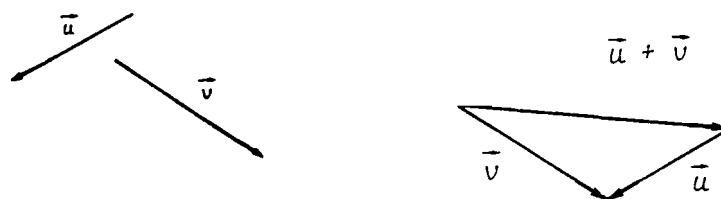


Sch. 8



Sch. 9

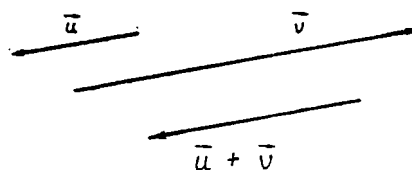
On rencontre un autre type d'erreur qui consiste à considérer le point arbitraire du plan comme extrémité des vecteurs et non comme origine :



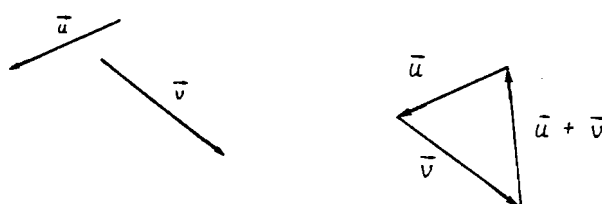
Sch. 10

c) Analyse des réponses de la catégorie III.

Ces réponses sont en petit nombre. Elles montrent néanmoins comment la physique peut (ou pourrait) faciliter la construction de la somme vectorielle. En effet, il suffirait que les élèves aient compris que la somme de deux forces est la force unique qui les remplace pour qu'il n'y ait pas d'erreur dans le sens de la résultante, ce qui éviterait l'obtention des erreurs suivantes :



Sch. 11



Sch. 12

De plus, toutes les erreurs du type non conservation par translation ne peuvent pas se retrouver en physique dans le cas envisagé ici de forces appliquées à un point matériel ; néanmoins ce problème se posera lorsque les élèves auront à traiter le cas de l'équilibre d'un solide soumis à plusieurs forces de points d'application différents.

5.2.2 Résultats relatifs à la classe C2.

Nous donnons la répartition des réponses suivant les 4 catégories précédentes :

Type de réponse \ Type d'exercice	Vecteurs colinéaires V C (M_1, P_1)	Vecteurs non-colinéaires V N C (M_2, P_2)
Correcte en math. et en physique	19	14
Correcte en math. Incorrecte ou incomplète en physique	7	8
Incorrecte ou incomplète en math. Correcte en physique	3	3
Incorrecte ou incomplète en math. et en physique	7	

Tableau 12

En comparant avec la classe précédente, trois remarques s'imposent immédiatement :

R_1 : le nombre de réponses de la catégorie I est nettement plus élevé dans la classe C2 que dans la classe C1. L'enseignement de mécanique a produit des effets positifs. C'est peut-être une évidence mais qu'il fallait souligner face à un certain défaitisme ;

R_2 : néanmoins 17 élèves ne savent pas sommer des vecteurs colinéaires soit en mathématiques, soit en physique (16 pour VNC) et 22 élèves font une erreur à l'une des 4 constructions ;

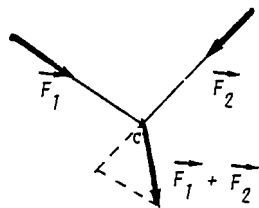
R_3 : les performances en mathématiques ne sont pas sensiblement meilleures pour la classe C2 que pour la classe C1 : 26 élèves pour VC, 28 pour VNC répondent correctement en mathématiques dans la classe C2. Ces nombres sont de 25 et 23 pour la classe C1. L'enseignement de physique ne semble donc pas stabiliser les savoir-faire en mathématiques (même constatation que dans le cas de l'égalité de vecteurs).

Cependant, ces 3 remarques doivent être tempérées car le niveau des 2 classes n'est pas le même.

a) Analyse des réponses de la catégorie II.

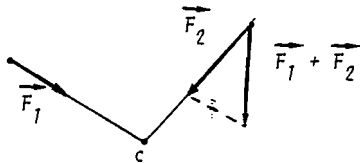
De même que précédemment, les réponses partielles ou incorrectes peuvent être classées en 2 catégories :

i) Dans le cas de **forces incorrectement tracées** on retrouve le schéma 1. La différence avec la classe C1 est que les élèves construisent néanmoins la somme, soit en C, soit ailleurs :



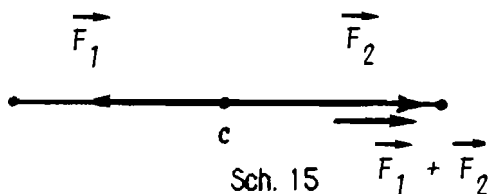
Sch. 13

\vec{F}_1 et \vec{F}_2 ne sont pas appliquées à C.



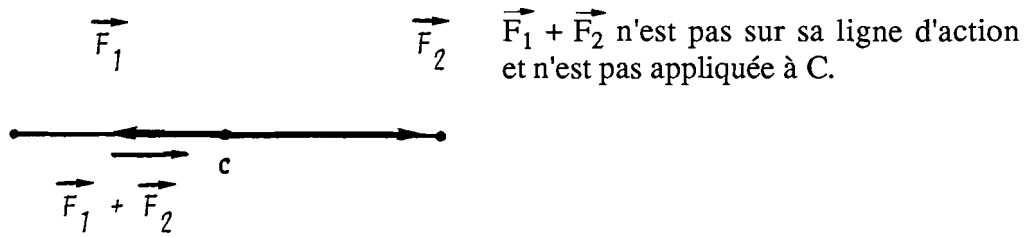
Sch. 14

ii) Lorsque les forces sont correctement tracées, on retrouve les schémas 2 et 3 mais aussi :



Sch. 15

$\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ n'est pas sur sa ligne d'action et n'est pas appliquée à C.



Sch. 16

Il faut remarquer que les 4 derniers schémas seraient corrects s'il s'agissait de vecteurs mathématiques ; en effet le vecteur représentant la grandeur physique peut être mis en correspondance avec le représentant en un point du vecteur mathématique et non pas avec le vecteur "classe d'équivalence de bipoints" : on ne trouve aucune correspondance mathématique des éléments physiques ligne d'action et point d'application. Ceci paraît être la confirmation de la non explicitation du contrat didactique lors des premiers cours de physique concernant les grandeurs vectorielles.

b) Analyse des réponses de la catégorie IV.

On trouve essentiellement les schémas 2, 3 et 12. Il faut souligner qu'il n'y a pratiquement pas d'erreurs lors de la translation des vecteurs. Cette remarque ainsi que celles que nous venons de faire au sujet des schémas 13, 14, 15 et 16 semble prouver (contrairement à ce que la remarque R₃ aurait pu laisser supposer) que la construction mathématique de la somme de deux vecteurs "physique" est mieux acquise dans cette classe que dans la classe C1. Le problème reste posé quant à la cause de cette différence dans les performances : est-ce l'effet de l'enseignement de la physique ou d'un meilleur niveau initial de la classe C2 ?

c) Analyse des réponses de la catégorie III.

On retrouve les schémas 11 et 12 obtenus dans la classe C1.

5.3 Analyse sommaire de manuels.

Il nous a paru important d'analyser, à la fois en mathématiques et en physique, les chapitres qui introduisent pour la première fois les vecteurs.

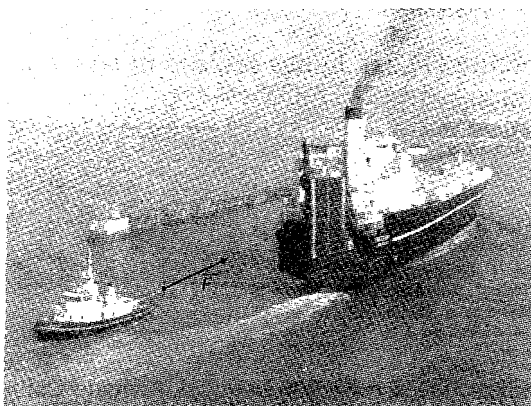
5.3.1 Physique-Classe de 3ème.

Nous donnons ci-après les débuts des 2 chapitres de 2 livres : "Le vecteur-force" (8) et "Les forces" (9). C'est seulement dans le premier de ces 2 livres qu'on signale que c'est un représentant particulier qu'on désigne (une ligne seulement). Nulle part ailleurs n'est explicitée la différence entre le vecteur-force et un vecteur mathématique.

Le vecteur-force

12

Photo CCGM



1. L'action mécanique que le remorqueur exerce sur le bateau peut être décrite par le vecteur force \vec{F} .



1. Représentation d'une action mécanique

Le vecteur-force. Regardons le remorqueur de la figure 1 ou plutôt l'enfant de la figure 2a qui tire un camion à l'aide d'un fil. Le fil exerce sur le camion une action mécanique appliquée au point d'attache A. Cette action s'effectue dans une direction bien précise, qui est celle du fil. Pour mieux décrire cette action, nous lui associerons une grandeur appelée **vecteur-force** \vec{F} , dont nous dessinerons le représentant ayant comme origine le point A.

La représentation du vecteur-force est ainsi une flèche (fig. 2b) :

- d'origine A,
- de direction AB donnée par le fil,
- de sens de A vers B,
- d'une longueur que nous allons préciser.

2a et b. Pour décrire l'action mécanique exercée par l'enfant sur le camion à l'aide du fil, on lui associe un vecteur-force \vec{F} , partant du point A et dirigé suivant le fil.
c. Lorsque l'enfant tire moins fort, la flèche représentant le vecteur-force devient plus courte : \vec{F}_x .

LES FORCES

14

Fig. 1. Le vecteur force.

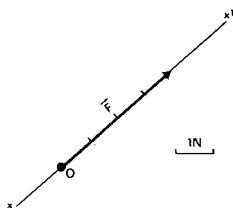


Fig. 2. Le lanceur exerce une force musculaire sur le poids.



Au cours des chapitres précédents, nous avons observé des mises en mouvement et des déformations d'objets. Chacune de ces actions résulte de l'application de forces.

1. Définition et représentation d'une force

En conclusion des études des chapitres précédents nous pouvons proposer la définition suivante d'une force.

On appelle force toute cause capable :

— de produire ou de modifier le mouvement d'un corps,

— de déformer un corps.

Toute force est complètement caractérisée par :

— son point d'application,

— sa droite d'action,

— son sens,

— son intensité.

On convient de représenter une force sous forme d'un vecteur. Le vecteur qui représente une force \vec{F} (fig. 1) :

— a pour origine le point O, élément de matière auquel la force est appliquée,

— est porté par la droite XX' qui est la droite d'action de la force,

— se termine par une flèche indiquant le sens de la force,

— a une longueur proportionnelle à l'intensité de la force.

L'intensité de la force est égale au module du vecteur \vec{F} qui se note $\|\vec{F}\|$ ou plus simplement F.

2. Une classification des forces

Dans les divers exemples rencontrés, nous pouvons distinguer deux grandes catégories de forces : les forces de contact et les forces à distance.

2.1 Les forces de contact

Ce sont les forces que des objets exercent sur d'autres objets en contact avec eux.

Le contact peut avoir pour origine :

— la force musculaire (fig. 2),

— les forces élastiques (fig. 3),

— les forces pressantes : par exemple les forces exercées par le dioxyde de carbone sur le bouchon d'une bouteille de champagne ou de boisson gazeuse, celles exercées par le vent sur les voiles

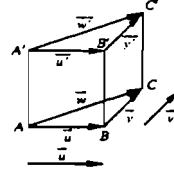
5.3.2 Mathématiques-Classes de 4ème et 3ème.

En classe de 4ème (7), six lignes seulement sont consacrées à la procédure de construction de la somme :

VII Somme de deux vecteurs

1° DÉFINITION

• Soit \vec{u} et \vec{v} deux vecteurs du plan, et A un point quelconque de ce plan. Construisons le point C de la manière suivante (cf. IV 2°) : on construit B tel que $\overline{AB} = \vec{u}$, puis C tel que $\overline{BC} = \vec{v}$. Le bipoint (A, C) définit le vecteur $\vec{w} = \overline{AC}$. Voyons si la détermination du vecteur \overline{AC} , associé de la manière indiquée aux vecteurs \vec{u} et \vec{v} à partir du point A , dépend de A .



[classe de 4ème, mathématiques, collection Louquet, Armand Colin]

Remarquons que la construction de la somme se fait à l'aide du triangle et que celle utilisant le parallélogramme n'est signalée que de façon accessoire à propos de la commutativité de l'addition. Les exercices correspondant à ce chapitre ne font jamais appel à la construction de la somme mais utilisent la relation de Chasles pour laquelle il n'est même pas nécessaire de faire un schéma.

En classe de 3ème (7), après quelques brefs rappels sur la définition des vecteurs, on définit l'addition :

II ADDITION DES VECTEURS

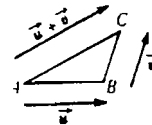
• A tout couple (\vec{u}, \vec{v}) de vecteurs, on sait faire correspondre le vecteur $\vec{u} + \vec{v}$, appelé *somme* des vecteurs \vec{u} et \vec{v} .

Si $\overline{AB} = \vec{u}$ et $\overline{BC} = \vec{v}$, alors $\overline{AC} = \vec{u} + \vec{v}$.

Ainsi, pour tout triplet (A, B, C) de points du plan, on a :

$$\overline{AB} + \overline{BC} = \overline{AC} \text{ (relation de Chasles).}$$

• L'opération (ou loi de composition interne) qui à tout couple (\vec{u}, \vec{v}) de vecteurs fait correspondre le vecteur $\vec{u} + \vec{v}$ s'appelle *addition des vecteurs*.



[classe de 3ème, mathématiques, collection Louquet, Armand Colin]

On peut se demander pourquoi les flèches sur les vecteurs AB, BC et AC du schéma ont disparu. Cette omission, si elle est systématique, pourrait expliquer les schémas 10 et 12 réalisés par les élèves.

En 3ème également, les seules constructions graphiques des exercices ont trait à la multiplication d'un vecteur par un scalaire.

VI - CONCLUSION.

Le concept de vecteurs apparaît dans les programmes de mathématiques en classe de 4ème, soit au moins un an avant l'introduction des grandeurs physiques vectorielles. Néanmoins, en classe de seconde, les élèves éprouvent de grandes difficultés, d'une part dans la reconnaissance de la non égalité de deux vecteurs force ou de deux vecteurs vitesse, d'autre part dans la construction de la somme de deux grandeurs vectorielles. Une brève analyse de manuels nous montre qu'en fait ce ne sont pas les mêmes objets que l'on traite en mathématiques et en physique. Nous pensons donc que beaucoup de réponses erronées pourraient être évitées si les élèves pouvaient participer à des séances de travaux pratiques-exercices qui se feraient parallèlement dans les deux disciplines ; au cours de ces séances, les deux enseignants pourraient, par exemple, souligner de façon précise les algorithmes de construction (identiques et différents) de la somme de deux vecteurs. C'est dans cette voie là que nous allons orienter l'élaboration de séquences didactiques en classe de seconde (10).

REFERENCES.

(1) J.L. MALGRANGE, E. SALTIEL, L. VIENNOT, 1973. "Vecteurs, scalaires et grandeurs physiques". Encarts pédagogiques. Bulletin de la Société Française de Physique.

(2) MAC DERMOTT, 1983. "Critical review of research in the domain of mechanics". Actes du premier atelier international de Recherche en Didactique de la Physique. La Londe des Maures.

(3) M. BENARROCHE, C. GENIN, J. MICHAUD-BONNET, A. PELLET, 1985. "Problèmes posés par l'utilisation des grandeurs vectorielles lors de la transition Lycée-Université". ATP : les transitions dans le système éducatif.

(4) J. MENIGAUX, 1986. "La schématisation des interactions en classe de 3ème". Bulletin de l'Union des Physiciens - n° 683.

(5) Y. CHEVALLARD, 1980. "La transposition didactique". Cours à la première école d'été de Didactique des Mathématiques. Chamrousse.

(6) S. JOHSUA, J.J. DUPIN, 1986. "Ambiguités du fonctionnement de la Physique au Collège". A paraître dans la Revue Française de Pédagogie.

(7) Collection P. LOUQUET. Mathématiques. Classes de 3ème et 4ème programme 1980, éd. Armand COLIN.

(8) Physique Classe de 3ème Dirand et al. éd. 1980 BORDAS.

(9) Physique Classe de 3ème Saison et al. éd. 1980 Fernand NATHAN.