A propos des conversions et changements d'unités

Un mètre, c'est à peu de choses près, … soixante dix centimètres…

24/12/2012

http://michel.delord.free.fr/unites2012.pdf

* *

*

Anecdote

Un mètre, c'est, à peu de choses près, soixante dix centimètres

Vous trouvez ci-joint un tout petit fichier d'une page[i] écrit en 2004 qui donne deux manières de faire les changements d'unités qui ne font pas appel aux tableaux.

La diffusion de ce texte m'a montré que sa lecture supposait quelques précisions et il passe donc ici d'une page à une bonne vingtaine, compléments et annexes compris. Mais avant tout, je me dois de raconter un des évènements qui m'a fait penser qu'il était utile à l'origine de faire ce petit texte.

Neuf heures, un matin du début des années 90 : je sors de ma classe pour l'intercours et un collègue de physique vient me voir et me dit :

> Voilà, je faisais, avec mes quatrièmes [Niveau normal, classe travailleuse et attentive d'un collège relativement favorisé, pas ZEP] un problème dans lequel intervenaient des longueurs. Ca ne marchait pas et je finis par demander : Mais, au fond, qu'est ce que c'est qu'un mètre ?
> Long silence. Et là, un élève du premier rang dit en désignant une longueur entre les paumes de ses mains : *Monsieur ça fait comme ça*. J'ajoute : c'est-à-dire ? Réponse : *Comme ça, à peu près soixante-dix centimètres*. [C'était d'ailleurs une bonne estimation de la longueur qu'il montrait]
> Moi : Vous êtes tous d'accord ? Silence prolongé et au bout de quelques insistances de ma part et avec un délai d'une minute - c'est long ! -, un élève dit : *Monsieur, un mètre, ça ne fait pas soixante-dix centimètres, ça fait cent centimètres.*

Ouf se dit-on, bien qu'un aussi long délai pour dire que 1 m = 100 cm …
Mais non, ce n'est pas fini et le meilleur est à venir.

> Entre temps était arrivé un prof de technologie qui nous dit : *Je les ai maintenant, j'ai aussi quelques problèmes avec eux sur les unités. Je vais leur faire faire des exercices de conversion d'unités.*

> Fin de l'heure suivante : Le collègue de technologie a proposé des exercices de conversion que les élèves ont quasiment tous réussi … en faisant des tableaux de conversion.

Cette anecdote explique l'origine de la remarque finale du texte de 2004 cité plus haut :

> *Les deux dernières méthodes supposent que l'élève [sait] que 1 m contient 100 cm ou que 1 cm = 0,01 m, ce qui n'est pas le cas des "tableaux" pour lesquels* l'élève peut trouver la bonne réponse *sans rien comprendre*.

Et l'on peut effectivement constater que, comme dans un tel tableau c'est le changement de colonnes qui signifie implicitement la multiplication par 10, l'élève peut avoir des résultats justes - *du type 20,15 hm = 201,5 dam* - sans savoir que, par exemple pour les unités de longueur, un hectomètre vaut dix décamètres, ou 1m = 100 cm ou 1cm=0,01 m …

* *
*

Question théorique

<u>*« Unités usuelles » ou « Système international d'unités »*</u>

Reprenons : pour que les élèves comprennent que les unités de longueur du *Système international d'unités* - dit SI [noteii] - vont de 10 en 10, il faut le leur enseigner théoriquement. Mais il ne suffit pas de le leur « avoir dit, fait apprendre et fait répéter », il faut de plus qu'ils travaillent pratiquement sur des unités qui vont effectivement aussi de 10 en 10 [note1].

Or ce n'est plus le cas depuis au moins 70 ans et précisément depuis les programmes de 1945, c'est-à-dire bien avant les programmes de maths modernes qui sur ce point reproduiront les erreurs des programmes de 1945 mais en les aggravant. Pour ne pas alourdir ce texte déjà passablement long, une partie des tenants et des aboutissants de cette position est développée dans « *Influence de l'utilitarisme, Petit historique de l'enseignement des unités de longueur depuis 1945* ».

Mais ce que l'on peut en retenir pour l'instant, c'est que ce refus de l'enseignement théorique du caractère décimal des unités de longueur du SI se manifeste sous deux formes souvent mélangées et dont on se demande celle qui est la pire :

> -soit on refuse explicitement l'enseignement de toutes les unités du SI et on le limite aux « unités usuelles », c'est-à-dire que l'on refuse en fait l'enseignement du SI puisque, *par définition*, il ne se limite pas aux unités usuelles. C'est la position défendue, par exemple,
>
> - dans les programmes de 1945 :
>
> > Système métrique. - <u>Le programme indique, non pas toutes les unités théoriques du système métrique, mais seulement les unités pratiquement utilisées.</u> On sait que l'usage courant exclut à peu près complètement l'emploi du décimètre, du décamètre, de l'hectomètre, du décilitre, du décalitre, du kilolitre... du décigramme.

[1] On peut dire exactement la même chose pour les unités d'aires du SI dont deux successives différent d'un facteur 100 et des unités de volumes du SI dont deux successives diffèrent d'un facteur 1000.

- dans les programmes Beullac de 1980 :

> 6. - Mesurer. Savoir :
> 6.1. - Construire et utiliser des systèmes de mesure pour les grandeurs étudiées :
> * exprimer par un nombre ou par un encadrement le résultat d'un mesurage,
> * utiliser les unités usuelles du système légal.

-soit on défend théoriquement l'idée que les unités de longueur du SI vont de 10 en 10 … mais on fait pratiquement le contraire dans les exercices et les applications proposées aux élèves. C'est par exemple la position du programme dit « des maths modernes » de 1970, qui ne se montrèrent pas, sur le sujet, « trop théoriques » :

> 2.5. Système métrique.
>
> L'étude du système métrique permet aux élèves de connaître notre système d'unités légales et aussi d'utiliser les nombres décimaux. On se limitera, dans les exercices pratiques, aux unités les plus habituellement utilisées.[iii]

Si l'on ne pense pas en termes exclusivement quantitatifs, cette dernière solution est peut-être la pire pour la formation de la rationalité de l'élève parce qu'elle est fondamentalement incohérente : elle défend théoriquement une idée pour faire pratiquement le contraire. Mais c'est une excellente formation à une pensée dans laquelle les positions de principe et les positions théoriques ne sont là que comme ornements dans le discours, mode de pensée courant des hommes politiques à droite autant qu'à gauche. Cette coupure pratique / théorie constitue donc une toute aussi excellente formation à la citoyenneté si elle consiste à préparer l'élève à croire justement aux positions des politiciens sus cités.

La situation est donc claire et n'a pas été modifiée récemment en ce qui concerne les textes officiels parus au BO.
Le denier en date est la modification de programmes paru dans le hors-série n°3 du 19 juin 2008 : elle recommande une progressions pédagogique pour le cycle des approfondissements[iv] dans laquelle on lit :

> Connaître les unités de mesure suivantes et les relations qui les lient :
> . Longueur : le mètre, le kilomètre, le centimètre, le millimètre ;
> . Masse : le kilogramme, le gramme ;
> . Capacité : le litre, le centilitre ;

Si l'on apprend d'une façon purement arbitraire le mètre et le kilomètre sans le décamètre et l'hectomètre, on ne peut comprendre pourquoi le système métrique est un *système* et pourquoi il est rattaché au *système décimal*.

Cette remarque faite sur les unités de longueur du SI s'étend bien sûr aux unités dérivées des unités de longueur, c'est-à-dire aux unités d'aire et de volume, et aux autres unités du SI et pour le primaire d'abord aux unités de masse. C'est-à-dire que ***cet ensemble d'unités - longueur, aire, volume, masse - doit être appris et compris***, exigence régulièrement absente des programmes,

i)sans se limiter aux unités usuelles de chaque catégorie

ii)et en apprenant aussi l'ensemble de ces unités comme système, c'est-à-dire en comprenant leurs liaisons : il est aussi indispensable de savoir que lorsque qu'on divise un volume par une aire on trouve une longueur qu'il est indispensable de savoir que 1 kg est - *à epsilon près ?*- le poids d'un dm^3 d'eau à 4°C, ce qui relie les mesures de longueur, de masse et de volume.[2]

Contrairement à ceux qui pensent que l'allégement des programmes en facilite systématiquement la maîtrise, il faut au contraire répéter inlassablement que d'un point de vue pédagogique comme d'un point de vue théorique, il est beaucoup plus facile d'apprendre ce qui est « systématique » que d'apprendre des connaissances éparses et sans liens réguliers. Il faut le répéter non seulement lorsque l'on pense à un type de mesure (longueur ou aire …) et aux différentes unités de cette mesure mais aussi lorsque que l'on pense au SI, système international de mesure défini par le BIPM, bureau international de poids et mesure[v] et aux liens entres les différentes mesures.

Et il faut le répéter inlassablement surtout lorsque l'on parle du socle commun : il est condamnable en lui-même mais ne mettre, dans ce qui est censé être un ensemble de connaissances qui est le minimum à atteindre par ceux qui ont le plus de difficultés, que les unités usuelles est un contresens absolu qui ne peut que rendre plus difficile une compréhension réelle. Mais cette limitation poussera encore plus à un enseignement exclusivement mécaniste des unités, c'est-à-dire à les enseigner comme objets de compétences ; mais est-ce un problème puisque c'est ce qui est recommandé ?

* *
*

Changements d'unité

Tableaux

Je passe donc sur « les tableaux » mais en faisant remarquer encore une fois que la question n'est pas le tableau en lui-même - qui n'est qu'un outil et qui peut-être utile comme tout outil - mais la manière dont a été enseigné le système de mesure auquel correspond le tableau : si le système de mesure a été correctement enseigné et compris, l'utilisation du tableau n'induit pas de fautes graves. Si par contre l'enseignement du système de mesure a été déficient ou pire si l'on a centré l'enseignement sur la technique du tableau exclusivement « *pour que l'élève trouve le résultat juste* » - et le tableau est effectivement assez efficace de ce point de vue - , autrement dit si l'on a enseigné le changement d'unité non pas comme une connaissance mais comme une compétence, ou plus précisément comme un savoir-faire et pas comme un savoir[3], l'utilisation du tableau entraine quasiment systématiquement des fautes graves. C'est exactement comme la question du « *Pour multiplier par 10, on écrit zéro à droite du nombre » traitée sur EdP*[vi], la question de fond ne porte pas sur la rédaction de la règle mais sur la compréhension de ce qu'est un nombre décimal.

Ceci dit, revenons sur le fond en étudiant un peu la notion de changement d'unité et tout d'abord celle d'unité.

Unité : la cinquième opération

---

[2] Et inversement une bonne compréhension du SI améliore la compréhension de la notation décimale de position.

[3] Avoir un savoir-faire dans un domaine, c'est savoir appliquer correctement une catégorie de procédures qui permettent d'obtenir le résultat prévu, ce qui n'est pas du tout négligeable. Mais la possession de ce savoir faire ne suppose la maîtrise d'aucuns liens ave d'autres domaines, c'est-à-dire aucune interdisciplinarité ni, a priori quelque lien que ce soit avec une conception théorique qui explique ce savoir faire. Au contraire, ce qui caractérise un véritable savoir dans un domaine et le distingue d'un savoir faire, c'est que, s'il ne s'oppose en rien à la possession d'un quelconque savoir-faire, il comporte deux points principaux :

-il comprend des parties qui n'ont pas d'applications immédiates
-il explicite les liens qu'il entretient avec les autres parties du savoir.

Ron Aharoni, explique[vii] qu'il n'y a pas, en primaire, quatre opérations arithmétiques (addition, soustraction, multiplication, division) mais cinq, et que cette cinquième opération est la plus importante : il s'agit du choix de l'unité et donc de la décision, préalable a tout comptage et tout calcul qui consiste à décider qu'une partie du monde est « Un »

Quelle partie de l'arithmétique doit être enseignée en primaire ?

La réponse, simple au point qu'elle en est embarrassante est : les quatre opérations. Mais cette réponse en apparence simple est trompeuse, pour deux raisons. L'une est le fait qu'il y a en fait *cinq* opérations. A coté des quatre opérations classiques, il en existe une cinquième, plus fondamentale et décisive : celle de former une unité. Prendre une partie du monde et déclarer qu'elle est un tout. Cette opération est à la base d'une grande partie des mathématiques du primaire. Tout d'abord, du comptage : quand vous avez trouvé une autre unité identique, vous pouvez dire que vous en avez deux, et ainsi de suite. La multiplication est basée sur le choix d'un ensemble, sur la déclaration qu'il s'agit de l'unité et sur la répétition du processus. Le concept de fraction part de l'idée d'un tout dont on prend des parties. Le système décimal est basé sur la réunion de dix objets en un seul appelé dizaine et en répétant récursivement la démarche.
La construction d'une unité et le fait de lui donner un nom doit être enseigné explicitement et c'est une notion sur laquelle on doit particulièrement insister. J'ai rencontré des enfants de CM2 qui savaient trouver quel nombre d'élèves représentait le quart d'une classe de 20 élèves mais avaient des difficultés à comprendre ce qu'étaient « trois quarts » d'une classe parce qu'ils n'avaient pas compris en quoi consistait la démarche correspondante de répétition de l'unité pour la multiplication des entiers.[4]

Or si l'on considère la question sous cet angle on peut voir d'une autre manière la définition des quatre opérations. Dit très rapidement mais on y reviendra car ce point de vue est important pour la définition même de la multiplication : on ne touche ni a l'addition ni à la soustraction mais
-la multiplication par un entier *n* peut-être considérée comme un changement d'unité en passant à une unité *n* fois plus petite
-la division par *n* peut être considérée comme un changement d'unité en passant à une unité *n* fois plus grande.
Et enfin, et ce n'est pas la moindre des choses pour la compréhension du passage de la numération au calcul,

<u>Changement d'unité et proportionnalité inverse</u>

Rappelons que deux quantités sont dites proportionnelles si leur quotient est constant, c'est-à-dire que, si l'on multiplie l'une par un nombre, l'autre est multipliée par ce nombre - et si l'une est divisée par un nombre, l'autre est divisée par ce même nombre - : par exemple, s'il n'y a pas de ristournes, le prix en € d'un certaine quantité de pommes de terre est proportionnelle à son poids car le quotient du prix en € par le poids en kg est constant - et vaut le prix en € d'un kg de pommes de terre- et, si l'on multiplie le poids par *n,* le prix est aussi multiplié par *n*.
Deux quantités sont dites inversement proportionnelles si leur produit est constant c'est-à-dire que, si l'on multiplie l'une par un nombre, l'autre est divisée par ce nombre (et inversement).

---

[4] Texte original :

What should be covered in primary school in arithmetic?

The embarrassingly simple answer is: the four operations.

But this seemingly simple answer is deceptive, in two ways. One is that in fact there are five operations. Beside the four classic operations there is a fifth one, more basic and important: that of forming a unit. Taking a part of the world and declaring it to be the "whole". This operation is at the base of much of the mathematics of primary school. First of all, in counting: when you have another such unit you say you have "two", and so on. The operation of multiplication is based on taking a set, declaring that this is the unit, and repeating it. The concept of a fraction starts from having a whole, from which parts are taken. The decimal system is based on gathering tens of objects into one unit called a "ten", and then repeating it recursively.

The forming of a unit, and the assigning of a name to it, is something that has to be learnt and stressed explicitly. I met children who in Year 5 knew how to find a quarter of a class of 20 pupils, but had difficulty understanding what is "three quarters" of the class, having missed the stage of the corresponding process of repeating a unit in multiplication.

Considérons par exemple un rectangle dont la forme varie mais dont l'aire ne varie pas : le produit $L \times l$ est donc constant et la longueur et la largeur sont donc inversement proportionnelles et si l'on multiplie une dimension par 2, l'autre dimension est divisée par 2.

Ceci permet aussi de traiter aisément le problème suivant (qui, au vu de la simplicité des données et du calcul est en fait un problème de calcul mental):

> *Un premier robinet remplit une cuve en 2 heures et un deuxième la remplit en 3 heures. Quel temps sera nécessaire pour remplir la cuve si l'on ouvre simultanément les deux robinets ?*
>
> La quantité d'eau et le temps passés sont inversement proportionnels puisque, si la quantité d'eau est multipliée par 2, le temps sera divisé par 2.
> Si le premier robinet met 2 h pour remplir la cuve, il remplit ½ cuve en une heure.
> Si le deuxième robinet met 3 h pour remplir la cuve, il remplit 1/3 de la cuve en une heure.
> Donc si on ouvre simultanément les deux robinets , ils remplissent 1/3 + 1 /2 de la cuve, c'est-à-dire 5/6 de la cuve en une heure. Et donc pour remplir la cuve, il faut 1 : (5/6) h c'est-à-dire 6/5 d'heure ou 1h12 min.

Enseignée en primaire à partir des années 1880, la proportionnalité inverse n'était déjà quasiment plus expliquée quand j'étais en primaire dans les années 50 (on ne m'en a jamais parlé) puisqu'elle n'était plus au programme. Elle a complètement disparu ensuite, notamment parce que les maths modernes qui pouvaient réduire, à la Procuste, la proportionnalité et la règle de trois aux fonctions linéaires - ce qui était un profond contresens -, n'avaient pas de réduction possible pour la proportionnalité inverse puisqu'il n'existait pas de « fonction inversement linéaire ». Et donc, à la trappe ; définitive ce coup-ci.

On n'enseignait donc pas en classe, depuis des décennies, le principe de la proportionnalité inverse - et on n'y formait pas non plus les enseignants - et chaque fois que je posais dans les années 70/80 à des responsables officiels - inspecteurs ou formateurs - la question des raisons de la disparition de l'enseignement de cette notion, on m'exhibait un certain nombre de problèmes d'arithmétique où elle intervenait … en les présentant comme ésotériques ou marginaux, ce qui justifiait donc bien d'un point de vue utilitariste et de « compétences » qu'on ne l'enseigne plus.

Contrairement à ces affirmations, il y a un domaine non marginal et même particulièrement central de l'enseignement qui est une pure illustration de la proportionnalité inverse, c'est le domaine des conversions et des changements d'unité.

En effet si l'on passe à une unité k fois plus grande, la mesure est k fois plus petite : si une longueur mesure 4 unités en mètres, comme un centimètre est cent fois plus petit qu'un mètre, sa mesure en cm vaudra cent fois plus, c'est-à-dire 4 fois cent égal 400 cm [Note 5].

Et si personne ne remarquait à partir des années 70 le lien qui existait entre proportionnalité inverse et changement d'unité, la situation est encore apparemment la même : je m'y suis peut-être mal pris mais, sur Internet au moins je n'ai trouvé, quarante ans après cette période, aucun texte remarquant ce lien.

---

[5] 4 fois cent égal 400 cm ou 4×100 égal 400 cm ou 4×100 = 400 cm.
Si c'est un calcul écrit séparément du texte, on doit écrire 4×100 <u>cm</u> = 400 cm puisque 4×100 n'est pas égal à 400 cm et il importe d'insister sur la question puisqu'il s'agit de la base de l'analyse dimensionnelle. Mais on peut tout à fait écrire « 4×100 = 400 cm » s'il s'agit d'une partie d'une phrase écrite en français.
Exemple :

> *Un cahier coûte 35 centimes. Combien coûtent 7 cahiers ?*
> *La réponse est : 35 × 7 = 245 centimes.*

Tiré de Anna et Elie Cartan, *Arithmétique*,1935.

Et non seulement on ne trouve pas ce lien mais, probablement sous l'influence inconsciente des thèses dominantes de la pédagogie officielle depuis au moins un demi-siècle qui empêche de le penser, on ne trouve pas non plus l'idée fondamentale du changement d'unité, même non liée à la notion de proportionnalité inverse : *si on multiplie l'unité par un nombre, la mesure est divisée par le même nombre.*

Considérons ainsi ce qui est un des textes de référence de la didactique française sur la proportionnalité, la thèse de Magali Hersant « *Interactions didactiques et pratiques d'enseignement, le cas de la proportionnalité au collège* »[viii] qui avait donc dans son jury rien moins que le gratin des didacticiens français puisque l'on y trouve Marie-Jeanne Perrin, Michèle Artigue, Nicolas Balacheff, Guy Brousseau et Jean Houdebine : sur à peu-près 500 pages, la référence au changement d'unités comme forme de proportionnalité inverse est absente. Même remarque pour le site Primaths[6] de Yves Thomas - VieuxMatheux sur EDP – qui fait partie des seuls sites de formateurs IUFM qui, à ma connaissance, parlent de proportionnalité inverse et qui est d'autant plus important que son site arrive en premier dans une recherche Google « proportionnalité inverse » se référant aux positions institutionnelles[ix].

Et nous avons donc une méthode s'appuyant sur la proportionnalité inverse - ou servant d'introduction à celle-ci suivant la progression que l'on choisit - qui, sans être une panacée, permet de faire des changements d'unité un peu moins mécaniques que l'utilisation des tableaux et est beaucoup plus riche pour l'enseignement ultérieur.

Exemple 1 : Convertir 2,431 m en cm

2,431 m = ... cm

L'unité demandée est 100 fois plus petite que l'unité de départ,

$$2{,}431 \underbrace{\text{ m } = \dots \text{ cm}}^{\overrightarrow{:\,100}}$$

donc la réponse recherchée sera 100 fois plus grande que la mesure en mètre

$$\underbrace{2{,}431 \overbrace{\text{ m } = \dots}^{\overrightarrow{:\,100}}}_{\overrightarrow{\times\,100}} \overbrace{\text{ cm}}$$

Donc 2,431 m = 100 × 2,431 cm = 243,1 cm

Exemple 2 : Compléter par le nom de l'unité : 2,431 m = 243,1 … ?

$$\underbrace{2{,}431 \text{ m } = 243{,}1}_{\times\,100} \dots$$

[6] http://primaths.fr/

→

La mesure donnée est 100 fois plus grande que la mesure en mètres. La deuxième unité est donc 100 fois plus petite que l'unité initiale :

→
: 100
2,431 m = 243,1 . . .
× 100
→

Or 1 m : 100 = 1 cm

Donc 2,431 m = 243,1 cm

Méthode par « changement de variable »

Convertir 2,431 m en cm :
1 m = 100 cm
2,431 m = 2,431 × 1 m = 2,431 × 100 cm = 243,1cm.

Convertir 243,1 cm en m

1 cm = 0,01 m
243,1 cm = 243,1× 1 cm = 243,1 × 0,01 m = 2,431 m

*
* *

<u>Conversion de durées</u>

*Il ne faut pas donner son âge aux élèves…*mais le faire calculer .

Tout ceci dit, on peut cependant considérer ***qu'une bonne compréhension de ce qu'est un changement d'unités*** qui dépasser l'application au moins semi-aveugle des algorithmes des changements d'unités en base 10 [note7], ***se réalise lorsque l'élève sait faire des changements d'unités soumis à une double condition***

i) lorsque la base n'est pas 10,

ii) si on utilise des écritures véritablement « multibases » : je ne parle pas des « bases annexes à la base 10 » comme, par exemple en français, mille, million, milliard… qui sont des multiples de la base 10 et dont la manifestation dans l'écriture décimale de position est un « blanc » en France (et un point aux USA).

Un exemple qui a en plus une utilité immédiate et permet de montrer les avantages de l'écriture décimale de position et de la base dix, en est les conversions réciproques de durées exprimées en secondes en durées exprimées en mois[8], jours, heures, minutes, secondes. En effet dans l'écriture 4m 3j 15h 6min 23s « nous n'avons plus la base 10 » et nous avons trois bases 30, 24 et 60.

---

[7] Rappelons cependant que pour « dépasser l'application aveugle des algorithmes des changements d'unités en base 10 », il faut déjà l'avoir atteinte.

[8] D'abord en « mois commercial » de trente jours.

Du point de vue pédagogique, on peut commencer par demander aux élèves : *Quel était votre âge en secondes à la date de votre dernier anniversaire* ? (comme ça, une partie ne s'aperçoit pas qu'elle fait le même calcul que d'autres). Et ensuite, on passe au problème inverse : *Vous voulez connaitre mon âge* (en années entières) *? Calculez-le pour demain sachant que je suis aujourd'hui même âgé de 1 312 514 217 secondes ?*[9]

Et enfin on passe au cas général qui peut donner le résumé de cours suivant :

Unités de temps

L'unité de base est la seconde (s)

Les autres unités sont: l'année, le mois, le jour (j), l'heure (h)et la minute (min)

1 an = 365 j = 8760 h = 525 600 min = 31 536 000 s (environ *31 millions de secondes*)
1 mois = 30 j = 720 h = 43 200 min = 2 592 000 s
1 jour = 24 heures = 1440 min = ***86 400 s***
1 heure = 60 min = 3600 s
1 min = 60 s
Ce qui est en ***italique gras bleu*** *doit être su par cœur.*

Exercice type I :

Convertir en secondes 2 mois 3 j 20 h 40 min 15 s

3 j 20 h 40 min 15 s =
2 × 2 592 000 s + 3 × 86 400 s + 20 × 3600 s + 40 × 60 s + 15 s =
5 184 000 s + 259 2200 s + 72 000 s + 2400 s + 15 s =
5 517 615 s

Donc, 2 mois 3 j 20 h 40 min 15 s = ***5 517 615 s***

Exercice type II :

Convertir 5 517 615 s en mois, jours , heures, minutes, secondes

5 517 615	2 592 000
333 615	***2 mois***

↓

333 615	86 400
74 415	***3 j***

↓

74 41'5	3 600
2 41	***20 h***
2415	

↓

2 41'5	60
1	***40 min***
1 5	

La flèche ↓ indique que, à chaque fois, l'ancien reste devient le nouveau dividende.

[9] C'est un lifting numérique de ma part, bien sûr.

Donc 5 517 615 s = ***2 mois 3 jours 20 heures 40 minutes 15 secondes***.
24/12/2012

* *
*

Une bonne compréhension des programmes officiels

Ce que disent les élèves au début de ce texte n'est pas le fruit du hasard ou d'une mauvaise compréhension de leur part des programmes ou directives officielles mais bien au contraire une conséquence logique des contenus de ces mêmes programmes, de leurs documents d'accompagnements et du contenu de la formation pédagogique initiale et continue suivie aussi bien par les PE que par les professeurs de collège. Cette situation n'est pas propre à l'enseignement des changements d'unité mais couvre les points les plus importants du programme aussi bien en maths que dans les autres matières.
Mais comme la rédaction de cette partie est maintenant en retard de plus d'un an, je publie tout de suite le texte précédent qui sera complété ultérieurement.

Grenoble, le 26/12/2013
Michel Delord

Notes de fin

[i] http://michel.delord.free.fr/unites.pdf

[ii] http://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_international_d'unit%C3%A9s

[iii] B.O.E.N. n°5 du 29 janvier 70, reproduit dans http://michel.delord.free.fr/bo70.pdf , page 13.

[iv] http://www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/approndissements.htm

[v] http://www.bipm.org/fr/home/

[vi] http://forums-enseignants-du-primaire.com/topic/288900-archives-dun-retraite-problemes-cours-formation/page__st__10#entry6335114

[vii] http://www.math.technion.ac.il/~ra/birminghamapril2003.doc

[viii] http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/45/04/76/PDF/Hersant_reperes_59.pdf

[ix] http://primaths.fr/Resources/A%20propos%20de%20proportionnalit.pdf
ou http://michel.delord.free.fr/vieuxmatheux-prop_24112012.pdf