Thème 4- Son et musique, porteurs d’information

Chapitre 12 –
La musique, un art de faire entendre …..

Physique

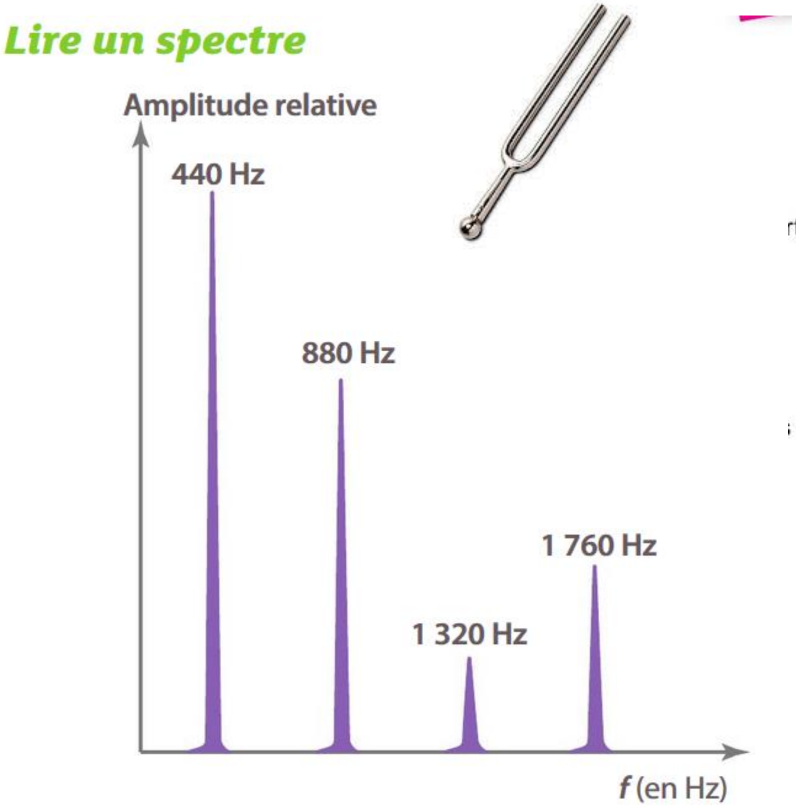
Sons = fréquence

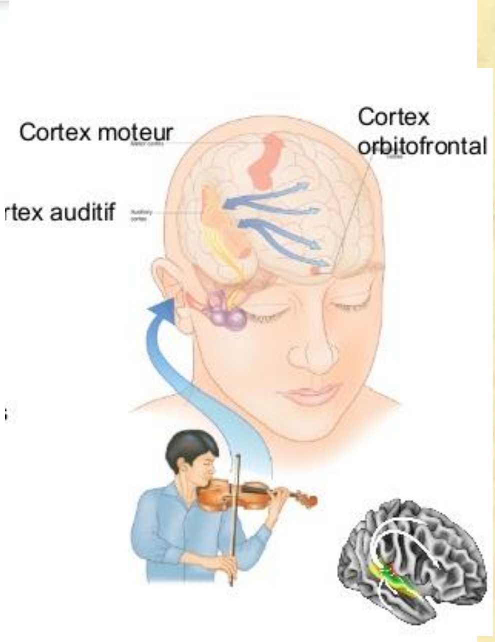
SVT

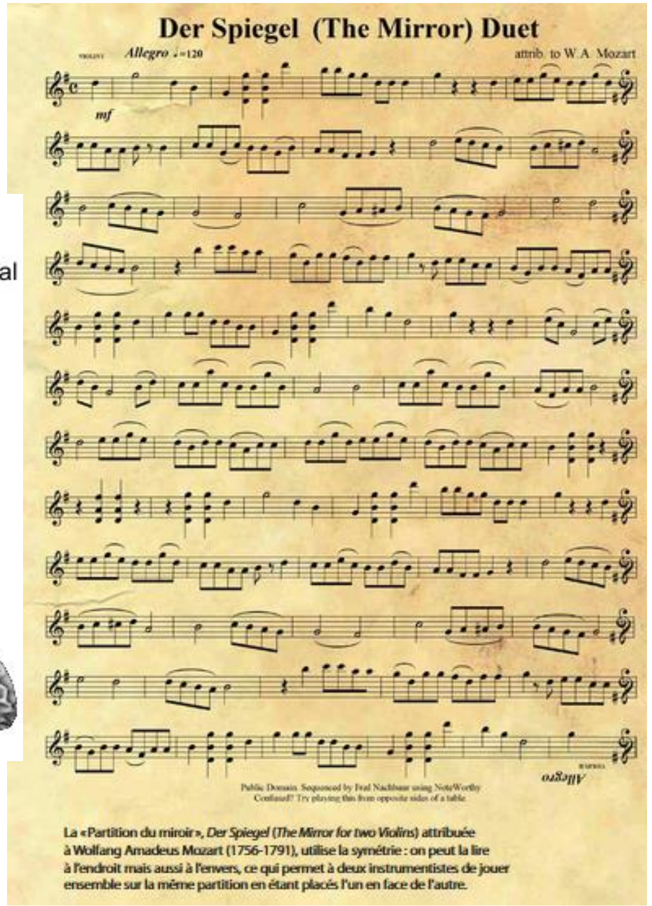
Harmonie des sons

Perception

Musique







Visionner la vidéo « Kaamelott » - La quinte juste de 0’56 à 3’00

Repérer tous les noms d’intervalles cités

Relever l’impact de la société sur la musique**.**

Passage au clavier – Musiciens dans la salle ?

Jouer (ou chanter) une tierce, une quinte, un triton, une octave
Comment les construit-on ? **Quel ressenti** ?
Comment appelle-ton l’intervalle entre 2 notes identiques ? **Ont-elles** la même fréquence ?

Écoute de trois gammes

Ressenti ? Nombre de notes jouées ?

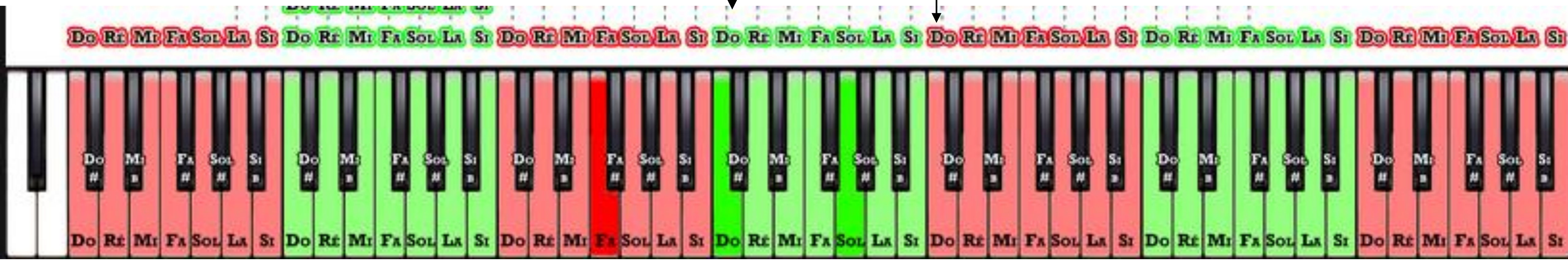
Au clavier :

Combien d'octaves sur un piano ? Combien de notes par octaves ?

Différence entre notes et octaves ?

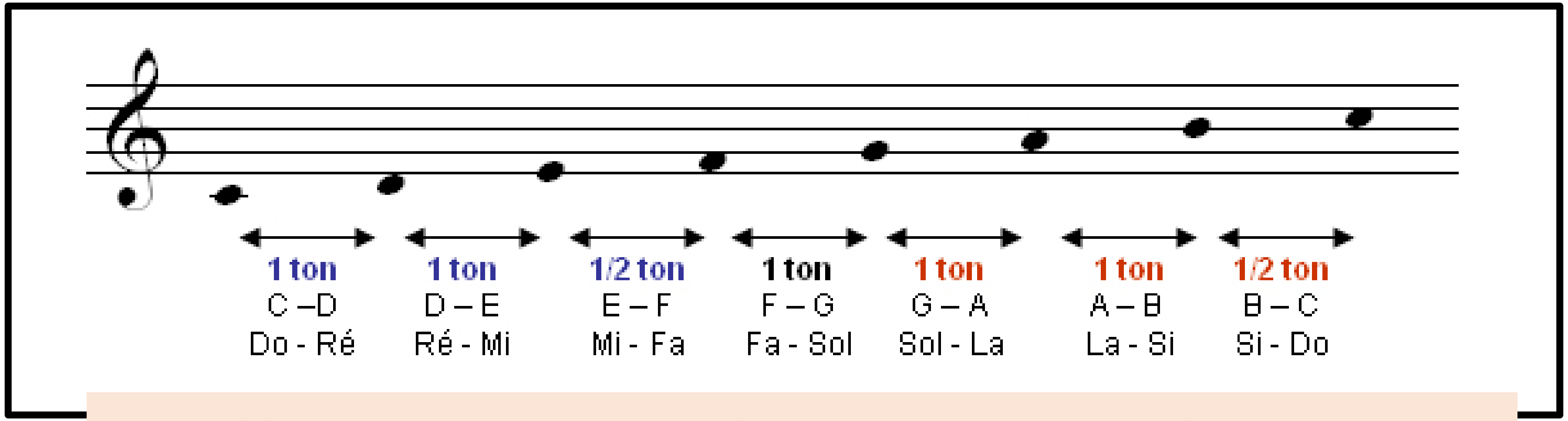
Do4

Do5



Octave 1 | Octave 2 | Octave 3 | Octave 4 | Octave 5 | Octave 6 | Octave 7

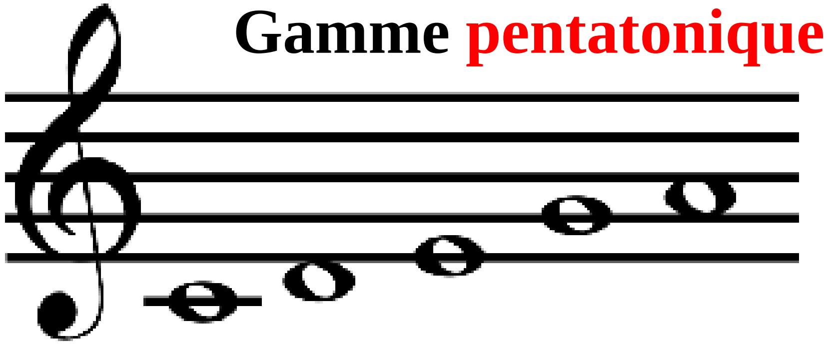
Gamme de do majeur



Quelle est l'origine de l'harmonie des sons ?

Gamme de do mineur

Gamme pentatonique



I. Un intervalle de référence – l'octave :

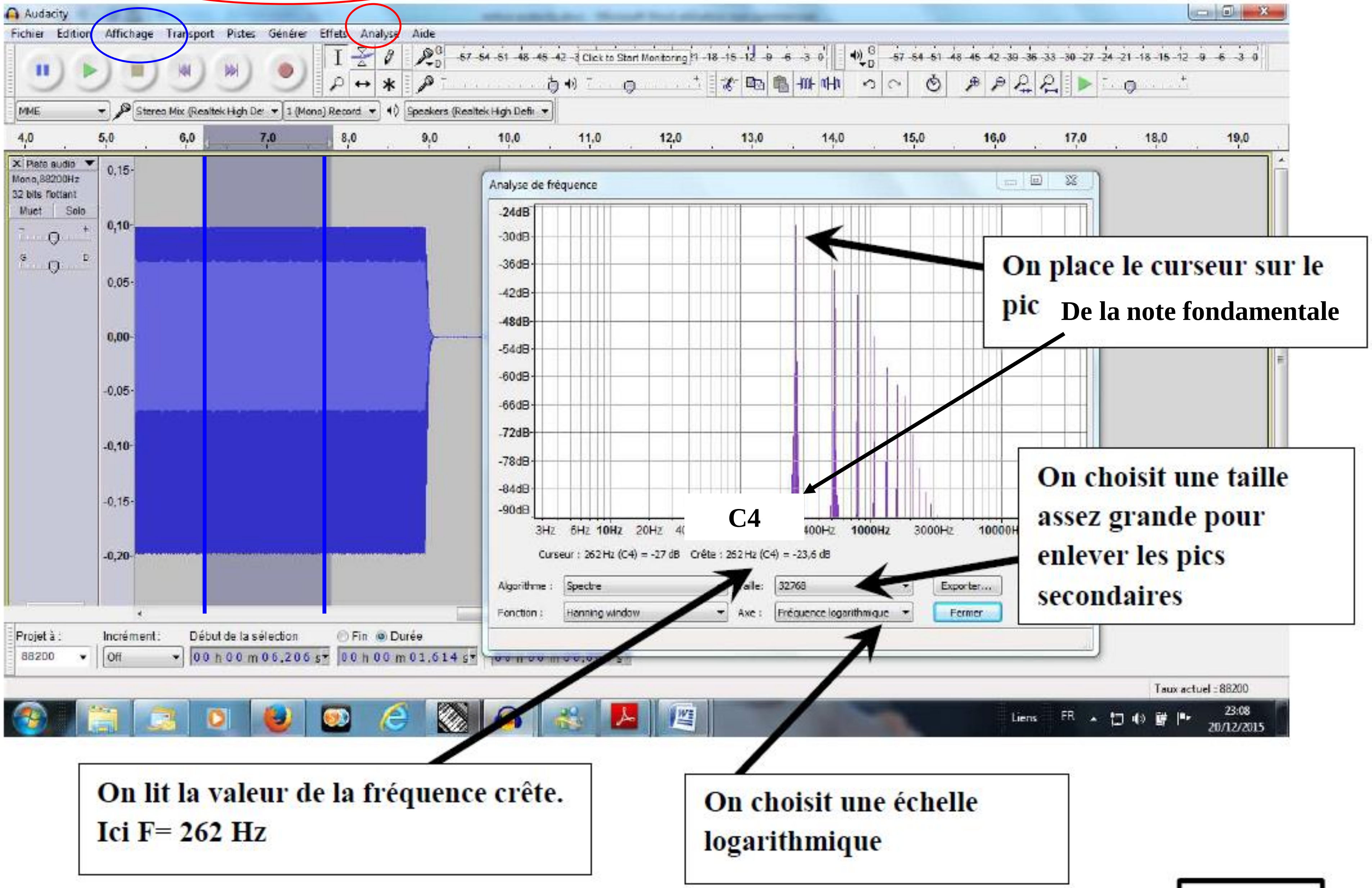
Activité 1 – Fichier Do3-4 ou Fa3-4 ou La 3-4
10 à 15 mn

Sur AUDACITY, chaque binôme doit **écouter** puis **afficher** le spectre des notes séparées par une octave et **écrire** leur fréquence et leur hauteur (son grave, aigu) dans le tableau (doc 1).

Trouver la relation mathématique entre les fréquences de ces deux notes et **comparer** avec les deux autres binômes.

Faire vérifier (tableau secours – valeurs réelles).

On peut également trouver la fréquence en traçant le spectre. Il faut tout d'abord afficher la courbe dans son ensemble (**affichage : zoom normal**) ; sélectionner une partie de la courbe puis faire **analyse : spectre**



Activité 2 - Étude d'intervalles de quintes, tierces et triton
(Fichier Do – Mi – Fa# - Sol)

AUDACITY : Afficher le spectre des quatre notes jouées, **compléter** le tableau du **doc 2**

Calculer le rapport de fréquences entre les deux notes des différents intervalles : Tierce, quinte et triton.
Compléter le tableau

***faire vérifier* (*doc. Secours – valeurs réelles*)**

Comparer les rapports de fréquences obtenus et faire une relation avec la justesse de l'intervalle

Tableau de résultats secours

Document 1 :

Note	Do4	Do5	Fa4	Fa5	La4	La5
Fréquences réelles (Hz)	261.3	522.6	349.23	698.46	440	880

Document 2 : Tierce, quinte et triton (gamme Do majeur)

Fréquence 1ère note (Do4)	Fréquence 2ème note (Mi4)	Fréquence 3ème note (Fa#4)	Fréquence 4ème note (Sol4)	Rapport des fréquences		
				Tierce (Do - Mi)	Triton (Do – Fa#)	Quinte (Do – Sol)
261.3 Hz	329.6 Hz	370 Hz	392 Hz			

Tableau de résultats

Fréquence 1ère note (Do4)	Fréquence 2ème note (Mi4)	Fréquence 3ème note (Fa#4)	Fréquence 4ème note (Sol4)	Rapport des fréquences		
				Tierce (Do - Mi)	Triton (Do – Fa#)	Quinte (Do – Sol)
261.3 Hz	329.6 Hz	370 Hz	392 Hz	1,261	1,415	**1,500**

Faire la relation entre la valeur obtenue dans le rapport de fréquences et la justesse de l'intervalle

Nombres décimal – Rationnel

Retour sur le titre de chapitre

Comment se construit une gamme ?

II. L'histoire des gammes, de Pythagore à Bach :

Petite révision : Nom des intervalles ; consonnances ; nom et rapport de fréquence de l'intervalle le plus juste ; ?

Activité 3 : la construction des gammes de Pythagore

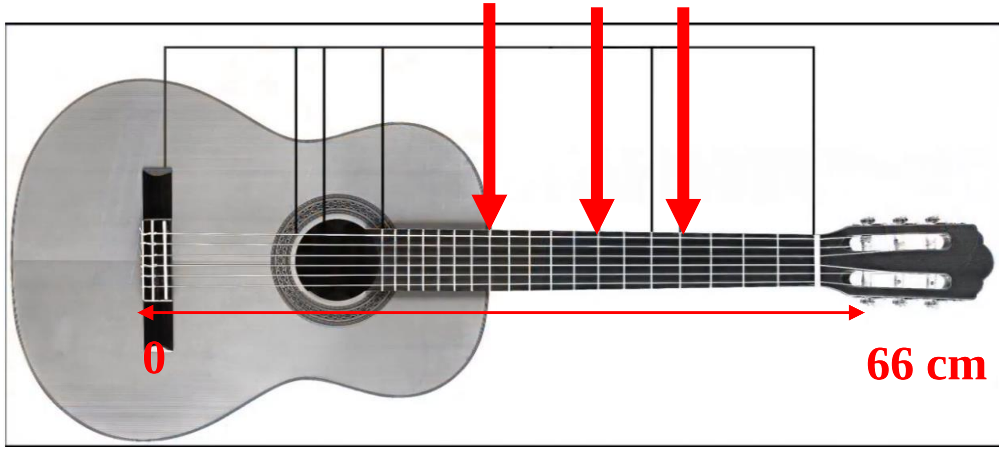
PWP texte n° 1 + Vidéos 1 (de 1 minute à 3 mn 28) et vidéo 2 (jusqu'à 1 mn 40) –

Quel est le principe de construction de la gamme de Pythagore ?

Marteaux / Caractéristiques	1	2	3	4
Poids (livres)	12	9	8	6
Rapports des poids entre marteaux	Référence	M2/M1	M3/M1	M4/M1
Intervalles				

Sur la guitare, faire sonner la corde (mesurer), évaluer la consonance des sons produits :

- Entière (à vide)
- À moitié
- Au 2/3
- Au 3/4



https://edutheque.philharmoniedeparis.fr/pythagore-entendre-les-nombres.aspx

Poids des marteaux	**6 et 12 livres** **Rapport = 1/2**	**9 et 12 livres** **Rapport = 3/4**	**8 et 12 livres** **Rapport = 2/3**
Monocorde (Rapports de longueurs)	Moitié de la corde (1/2)	3/4 de la corde	2/3 de la corde
Intervalles de sons consonants	Octave	Quarte	Quinte
Rapport de fréquences			

FORMULE

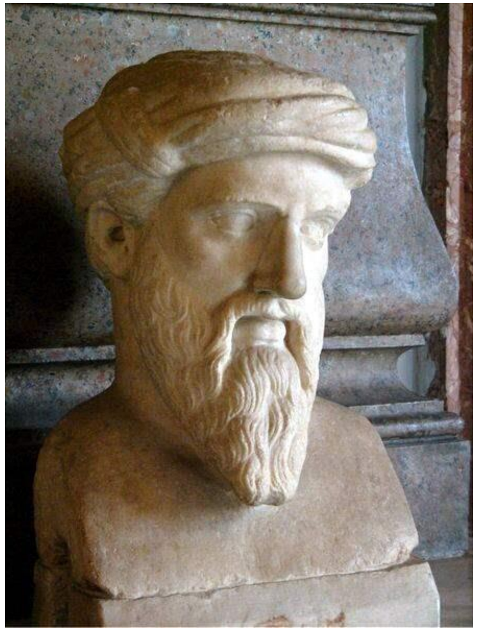
Rappel – Cours de physique

La **fréquence fondamentale**, notée f_1, du son émis par une corde vibrante de longueur ℓ est donnée par la relation :

$$\boxed{f_1} = \frac{1}{2 \times \boxed{\ell}} \times \sqrt{\left(\frac{T}{\mu}\right)}$$

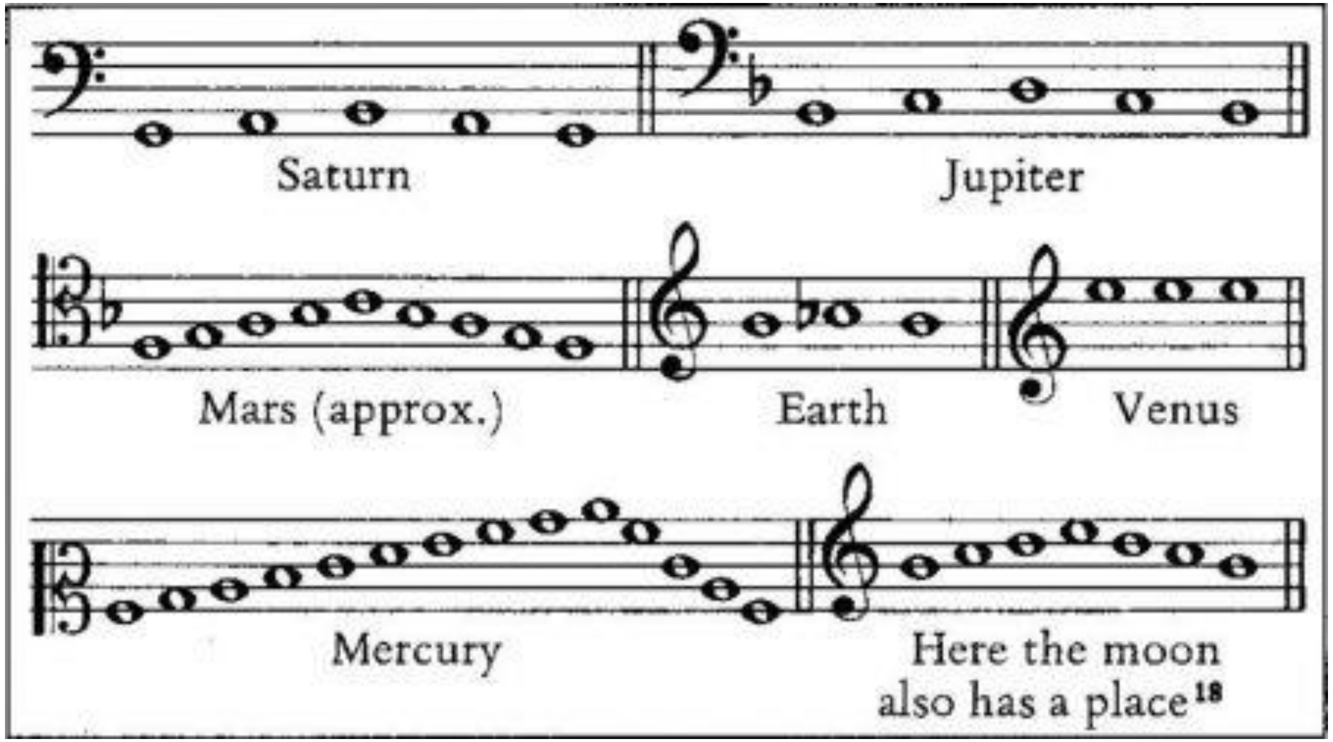
Poids des marteaux	6 et 12 livres Rapport = 1/2	9 et 12 livres Rapport = 3/4	8 et 12 livres Rapport = 2/3
Monocorde (Rapports de longueurs)	Moitié de la corde (1/2)	3/4 de la corde	2/3 de la corde
Intervalles de sons consonants	Octave	Quarte	Quinte
Rapport de fréquences	**2/1**	**4/3**	**3/2**

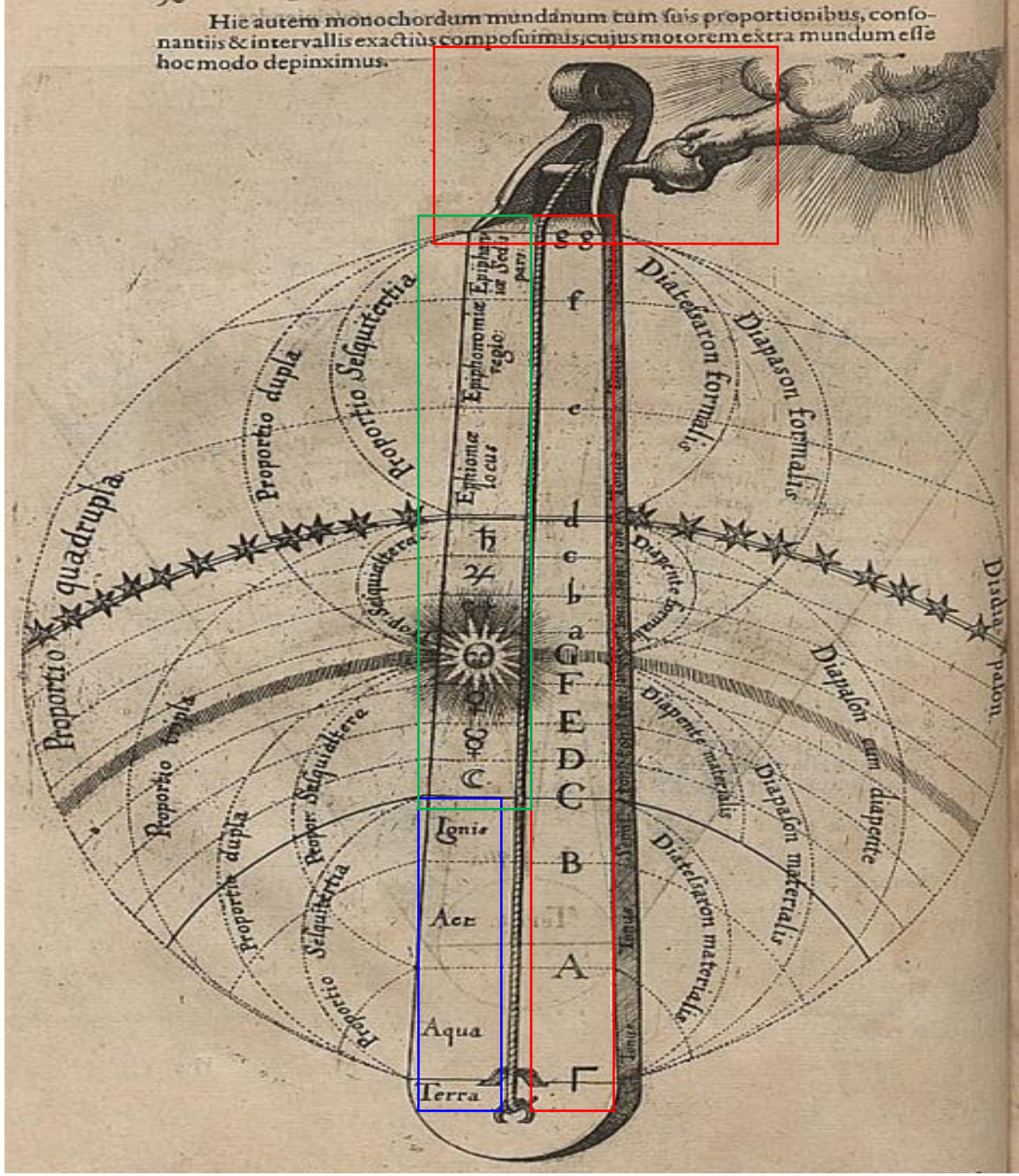
Rapports simples des 4 premiers nombres entiers



Mathématiques =
Arithmétique
Géométrie
Astronomie
Musique

Gammes
Éléments
Astres



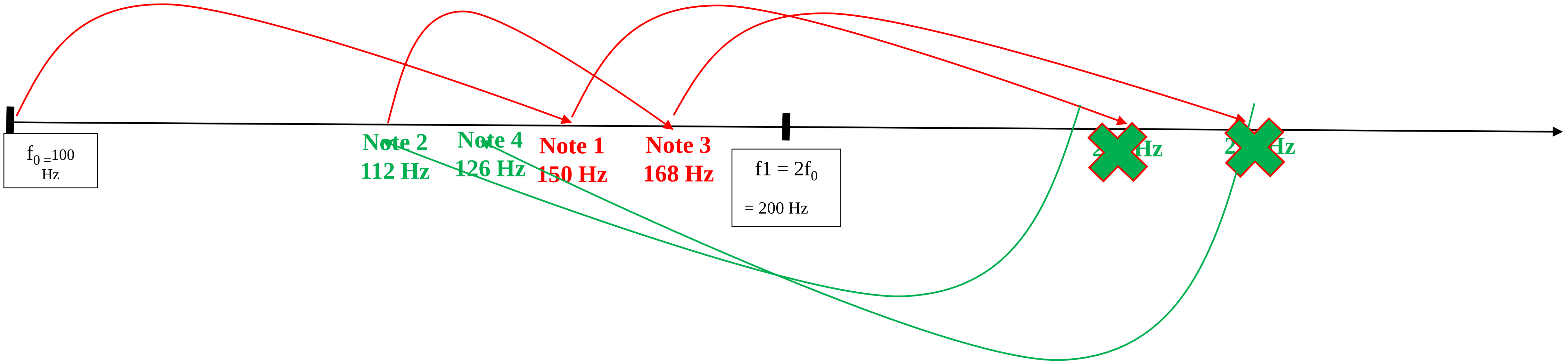


Harmonie des sphères

PWP - TP 2 – Vers la gamme à 5, 7 ou 12 notes

Document 3 page 198 (PWP – TP2) :

- **Réaliser** la construction de gammes pythagoriciennes
- **Trouver une relation mathématique** entre la fréquence de la note fondamentale (f_0) et la note à l'octave supérieure (f_1)



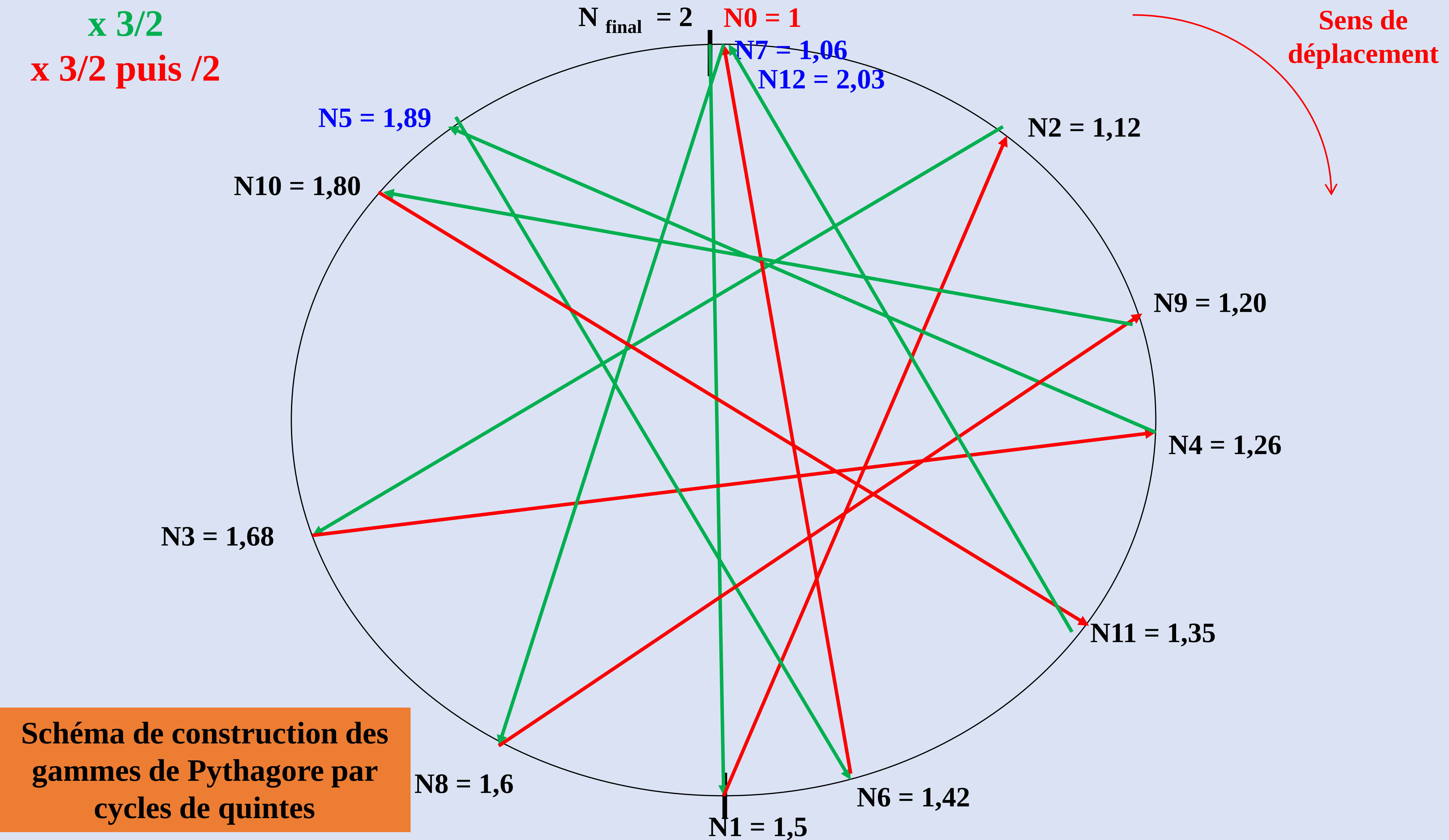
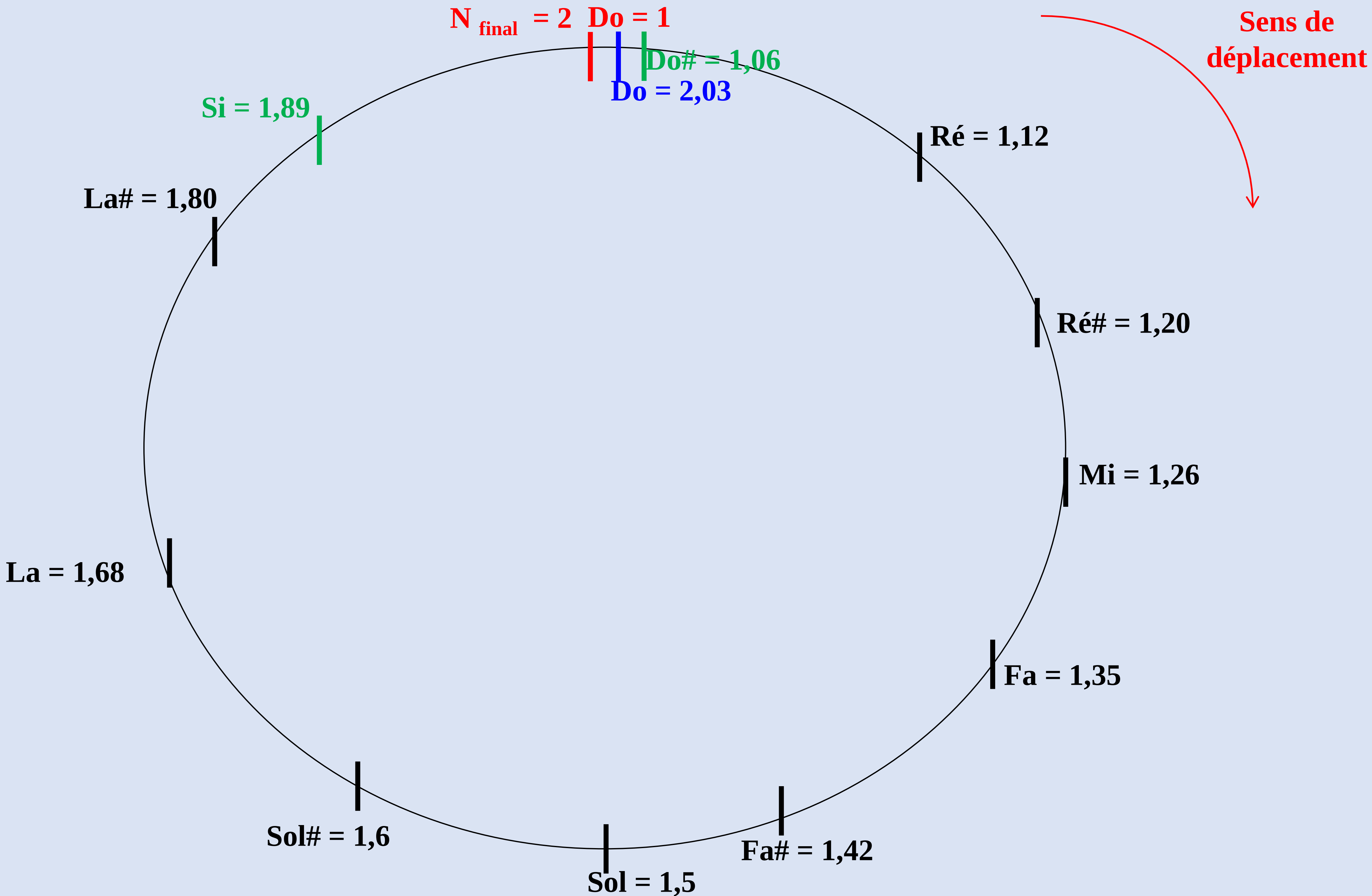


Schéma de construction des gammes de Pythagore par cycles de quintes


N final = 2
Do = 1
Sens de déplacement
Do# = 1,06
Do = 2,03
Si = 1,89
Ré = 1,12
La# = 1,80
Ré# = 1,20
Mi = 1,26
La = 1,68
Fa = 1,35
Sol# = 1,6
Fa# = 1,42
Sol = 1,5

Des gammes pythagoriciennes (naturelles) à 5, 7 ou 12 notes

Notes	N0	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Valeur décimale obtenue par ordre de construction	1	1.5	1.12	1.68	1.26	**1.89**	1.42	**1.06**	1.6	1.20	1.80	1.35	**2.03**
Nombre de multiplications par 3/2 par rapport à N0		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Division par 2, nécessaire pour normalisation			X		X		X	X		X		X	
Note de la gamme	Do	Sol	Ré	La	Mi	Si	Fa#	Do#	Sol#	Ré#	La#	Fa	Do
Calcul de la valeur en $(3)^n / (2)^p$ Avec facteur de normalisation (1/2 pour une division)	$(3/2)^0$	$(3/2)^1$	$(3/2)^1 \times (3/2) \times (1/2) =$ $\mathbf{(3)^2 / (2)^3}$	$(3)^2/(2)^3 \times (3/2) =$ $\mathbf{(3)^3 / (2)^4}$	$(3)^3 /(2)^4 \times (3/2) \times (1/2) =$ $\mathbf{(3)^4 / (2)^6}$	$\mathbf{(3)^5 / (2)^7}$	$\mathbf{(3)^6 / (2)^9}$	$\mathbf{(3)^7 / (2)^{11}}$	$\mathbf{(3)^8 / (2)^{12}}$	$\mathbf{(3)^9 / (2)^{14}}$	$\mathbf{(3)^{10} / (2)^{15}}$	$\mathbf{(3)^{11} / (2)^{17}}$	$\mathbf{(3)^{12} / (2)^{18}}$

$$\mathbf{N = (3^n / 2^p).N0}$$
$$\mathbf{F = (3^n / 2^p).F0}$$

La gamme pentatonique – Universelle

https://www.youtube.com/watch?v=NioDWcfUYDQ

https://www.youtube.com/watch?v=z9aD2I0o9gI

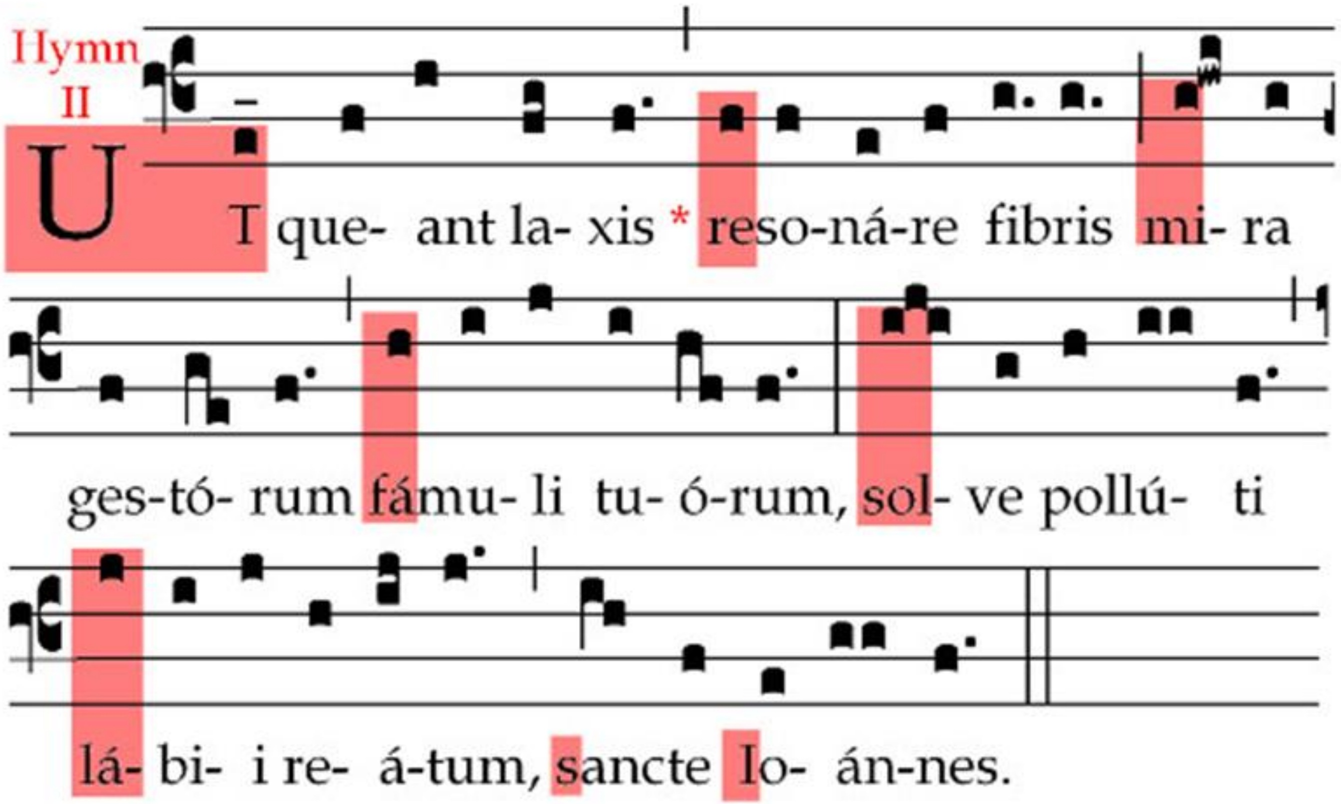
https://www.youtube.com/watch?v=VdGSBASqTe4

https://www.youtube.com/watch?v=07soaxSeooo

5 notes : Do, Fa, Mi, La, Sol

7 notes : Do, Ré, Mi, Fa, Sol, La, Si
Modes médiévaux

https://www.youtube.com/watch?v=hHpiBiBj-CU



https://www.youtube.com/watch?v=ZQwuRGnfmUQ
https://www.youtube.com/watch?v=4Ccgk8PXz64

https://www.youtube.com/watch?v=_08qU30PD_Y

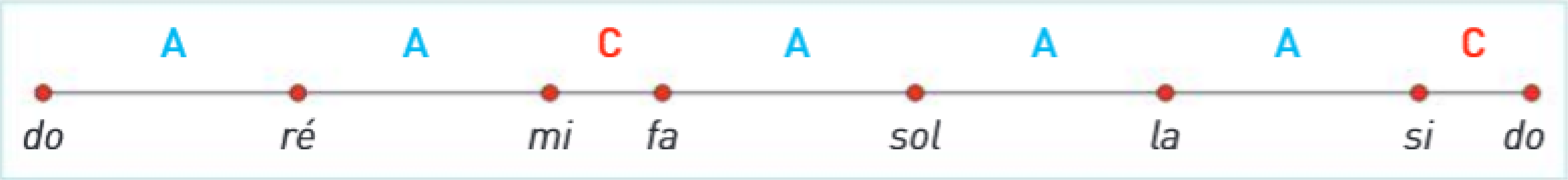
12 notes : Do, Ré, Mi, Fa, Sol, La, Si
Modes baroques et classiques

IX° à XV° siècle	XV° siècle	XVII° et XVIII°	siècle	XIX° siècle	XX et XXI°	siècle
800-1450 **Moyen Age**	1450 – 1600 **Renaissance**	1600-1750 **Baroque**	1750-1800 **Classique**	1800-1900 **Romantique**	1900-1950 **Moderne**	1950-à nos jours **Contemporaine**
• Musique savante au service de ***l'Eglise***. • Le ***chant*** domine. • Invention de l'écriture musicale, copiée à la main. • Compositeurs Anonymes.	• Musique savante se ***détache de l'Eglise*** même si elle sert majoritairement pour la prière. • Développement de la musique ***instrumentale***. • Invention de l'imprimerie et diffusion plus grande des partitions.	• Musique savante se ***détache totalement de l'Eglise***. • La musique de ***concert*** prend son essor. • Musique ***chargée*** et parfois lourde. • Invention de ***l'opéra***. • Clavecin et Orgue dominent.	• Musique qui revient à une certaine ***simplicité***, sobre et équilibrée. • Les orchestres se ***structurent***. • Les grands genres se forment (symphonie, sonates, quatuor…)	• On met les ***sentiments*** et les ***passions*** du compositeur en avant. • Musiques de + en + longues, ***complexes***. • Orchestres ***énormes***. • Le piano domine.	• Essor de ***l'industrie***. • Invention de ***l'enregistrement***. • Découverte de ***musiques extra européenne*** et influences.	• Evolution des ***technologies***. • ***Sonorité nouvelles*** (électroacoustique) • Ere de la communication. • ***Mélange*** de toutes les musiques.

https://www.youtube.com/watch?v=rYUx1-PpHAo

https://www.youtube.com/watch?v=H70WJS4ruzo

Des gammes naturelles aux intervalles inégaux



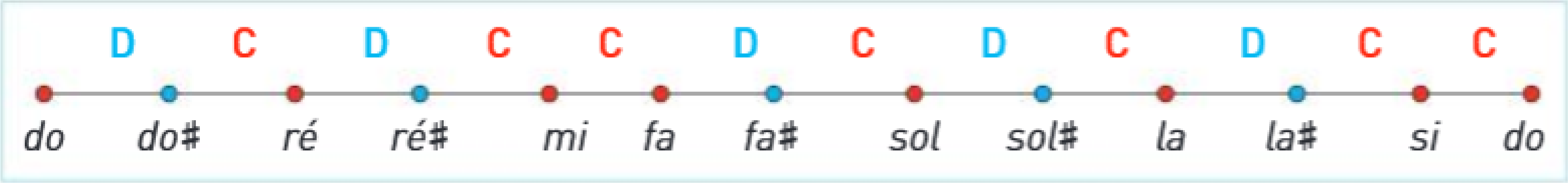
c Deux types d'intervalles, notés A et C, séparent les notes de la gamme diatonique.

Pour info :

A = 9/8

B = 265/243

C = 2187 / 2048



d Deux types d'intervalles, notés C et D, séparent les notes de la gamme chromatique.

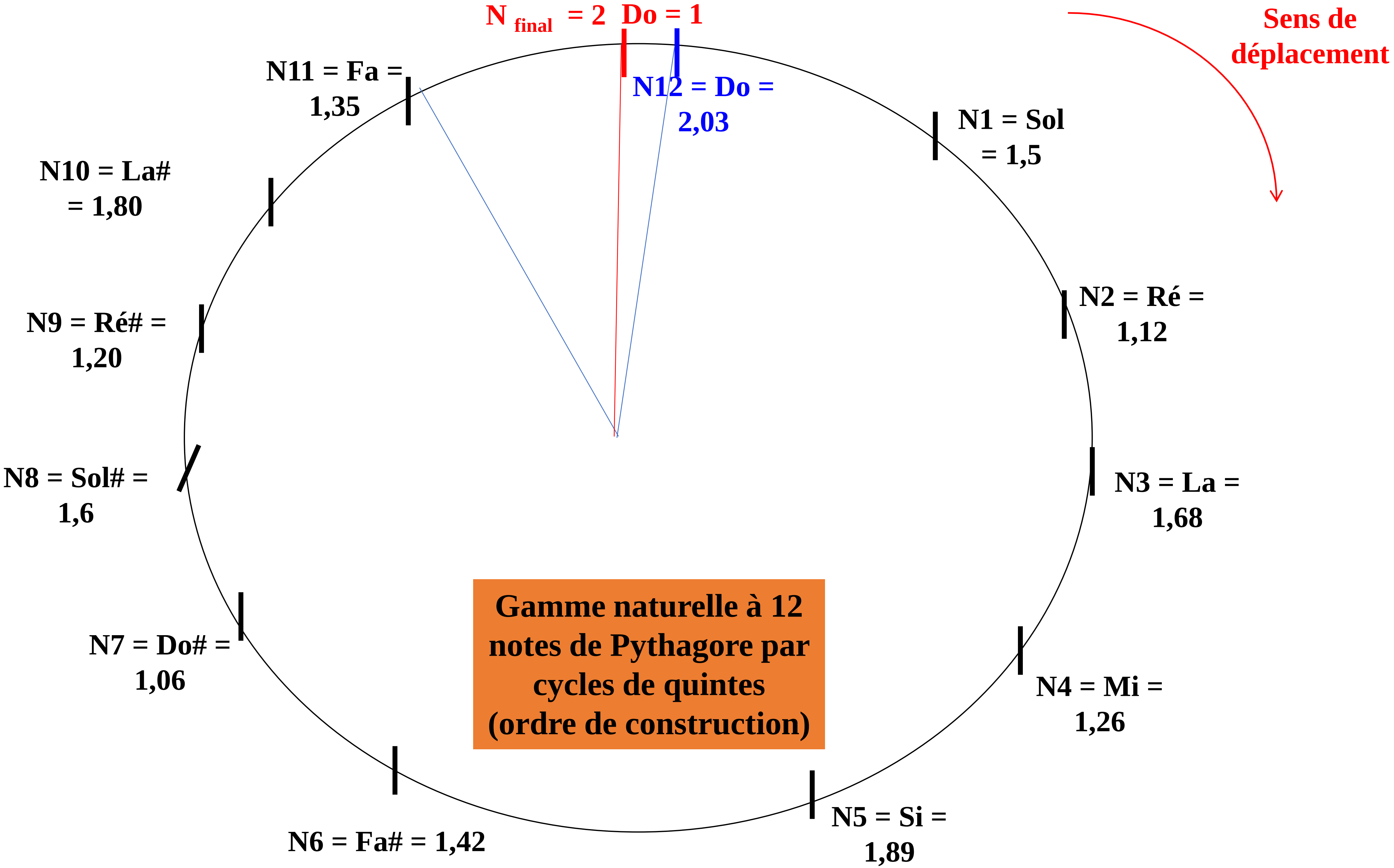
Des gammes naturelles infinies
Document 4 page 199

4 L'infinité du cycle des quintes

La gamme de Pythagore se construit par quintes successives. Comme le montrent les premières notes, les fréquences obtenues s'expriment toutes en fonction d'un rapport entre une puissance de trois et une puissance de deux : $\boxed{f = \frac{3^n}{2^p} \times f_0}$ (n et p étant des nombres entiers).

On peut arrêter de progresser dans les quintes quand la fréquence obtenue est égale à celle du *do* de la fin d'octave : $f = 2 \times f_0$. La boucle est alors bouclée. La fin du cycle correspond donc à l'équation mathématique : $\boxed{\frac{3^n}{2^p} = 2}$.

Cependant, 3 n'étant pas divisible par 2, cette équation n'a pas de solution et il est donc impossible d'atteindre exactement la fin de l'octave. On dit que le cycle des quintes est infini. Toutefois, certaines notes en sont parfois suffisamment proches : au bout de 12 quintes, mais aussi au bout 5, 7, 41, 53 quintes, etc. Ce qui signifie que la méthode de Pythagore permet d'élaborer des gammes contenant un autre nombre que douze notes. Il s'agit alors d'un choix d'ordre musical.

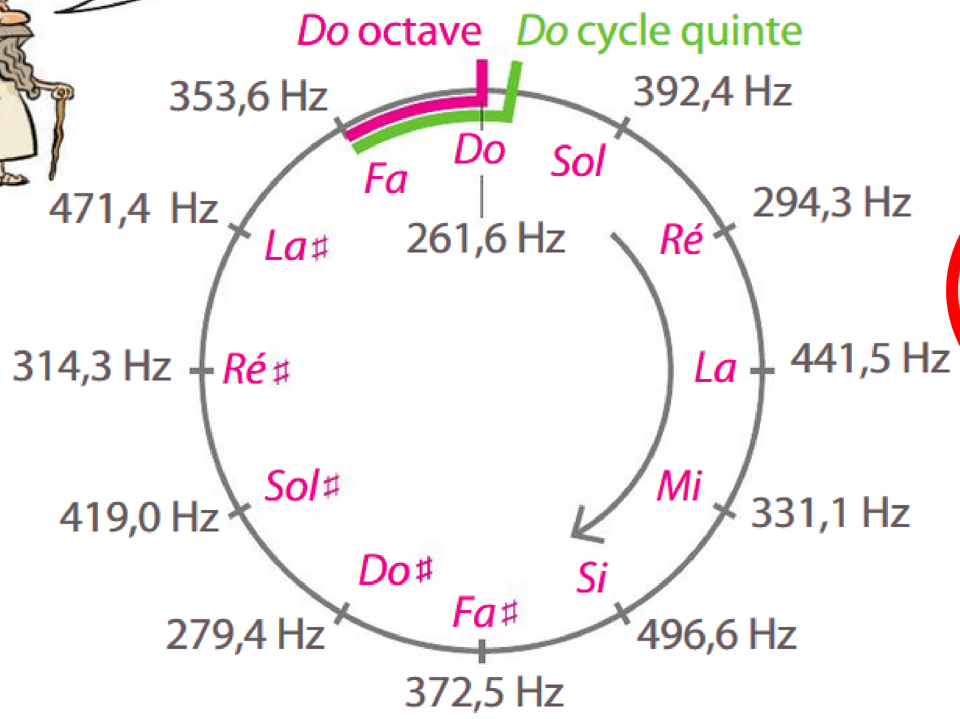


N final = 2 Do = 1
Sens de déplacement
N12 = Do = 2,03
N1 = Sol = 1,5
N2 = Ré = 1,12
N3 = La = 1,68
N4 = Mi = 1,26
N5 = Si = 1,89
N6 = Fa# = 1,42
N7 = Do# = 1,06
N8 = Sol# = 1,6
N9 = Ré# = 1,20
N10 = La# = 1,80
N11 = Fa = 1,35
Gamme naturelle à 12 notes de Pythagore par cycles de quintes (ordre de construction)

Des gammes naturelles avec une quinte non juste
Document 6 page 199 + écoute de la quinte du loup

6 Valeurs des fréquences de la gamme à douze notes de Pythagore

On voit sur ce cycle des quintes que les notes n'apparaissent pas dans l'ordre que l'on connaît. Si on les classe par ordre de fréquences croissantes, on retrouve la gamme complète habituelle.

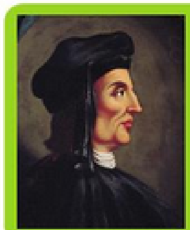


Le cycle des quintes ne se referme pas exactement : la dernière quinte du cycle (en vert) donne un *do* différent du *do* d'octave. L'intervalle entre ces notes est appelé « comma pythagoricien ». Pour que l'octave soit juste, les musiciens jouaient la quinte rouge : elle était dissonante et portait le nom de « quinte du loup ».

Document 1 page 200

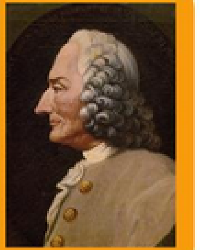
1 Histoire de la gamme tempérée

La gamme de Pythagore présente deux inconvénients pour les musiciens : une quinte qui n'est pas juste et des intervalles non constants entre les notes obtenues. L'idée de fixer les fréquences des douze notes usuelles en « découpant » l'octave en douze intervalles égaux, appelés demi-tons, s'est petit à petit imposée.

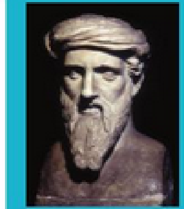


Au milieu du XVI^{e} siècle, l'Italien **Gioseffo Zarlino** (1519-1590), compositeur, tente de construire une gamme en utilisant d'autres intervalles que la quinte. Mais cette gamme ne s'impose pas auprès des musiciens de l'époque.

La gamme tempérée s'impose sous l'impulsion de **Jean-Philippe Rameau** (compositeur français, 1683-1764, photo ci-contre) et de **Johann Sebastian Bach** (compositeur allemand, 1685-1750).



VI^{e} siècle av. J.-C. — XVI^{e} siècle — XVII^{e} siècle — XVIII^{e} siècle



Pythagore et les pythagoriciens élaborent une gamme en progressant de quinte en quinte.

À la fin du XVI^{e} siècle, l'ingénieur flamand **Simon Stevin** (1548-1620) a l'idée de partager l'octave en douze intervalles égaux.

À la fin du XVII^{e} siècle, le musicien allemand **Andreas Werckmeister** travaille lui aussi sur cette méthode, en intégrant les nombres irrationnels.

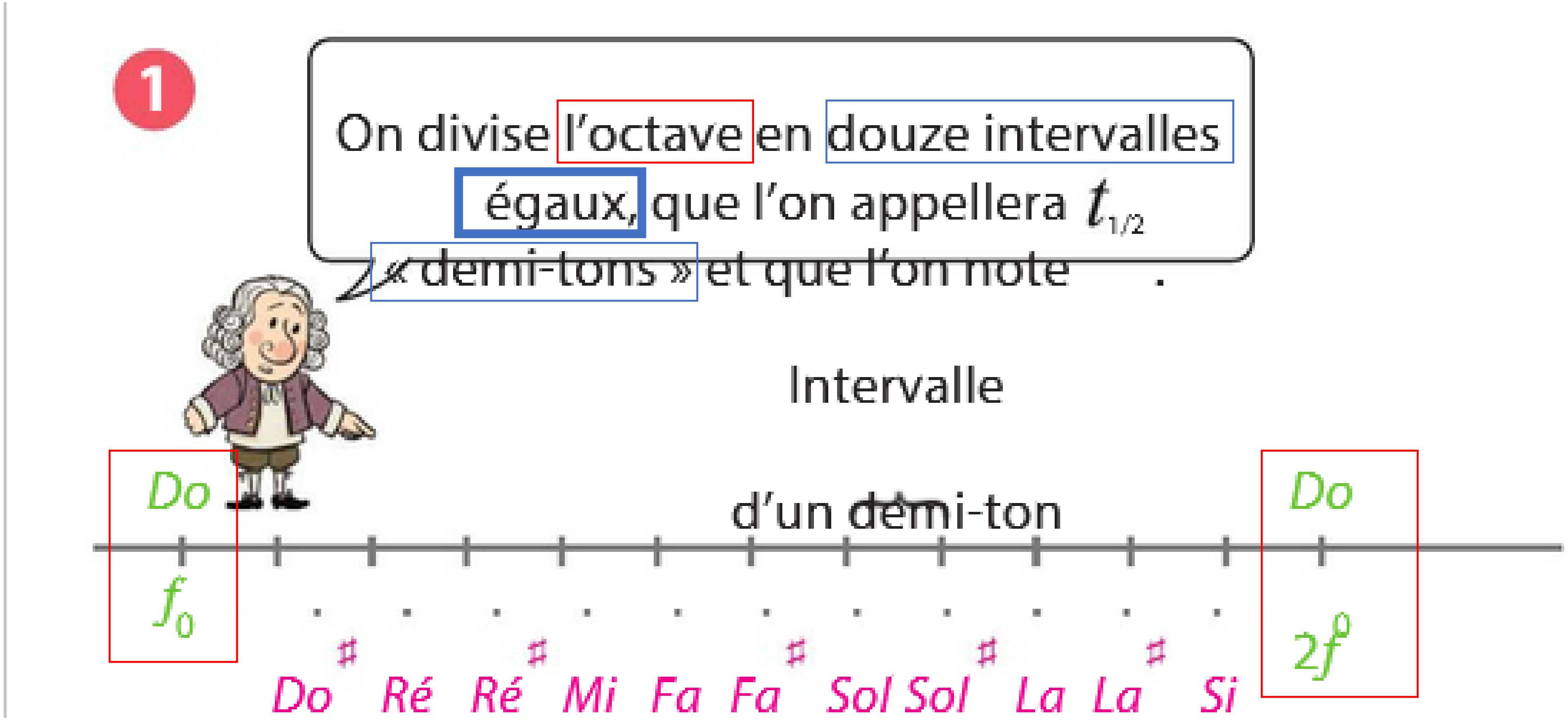
Comment se construit une gamme tempérée ?

Comment aide-t-elle la transposition ?

III. Gammes naturelles et gammes tempérées :

Activité 3 (TP3) – La construction des gammes tempérées

Principe – Gamme de 12 notes – doc 2 page 200



On sait que :

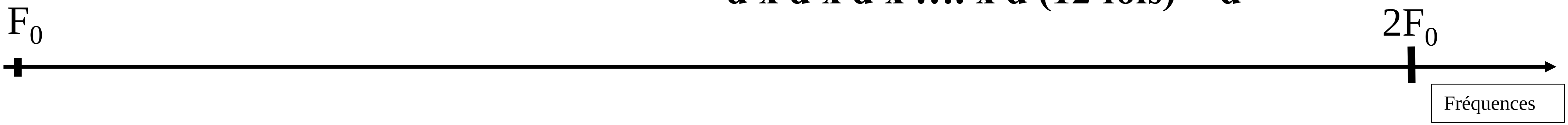
Octave - $f_{12} = 2f_0$

$f_{n+1} = d \times f_n$

On peut exprimer cette fraction en fonction des autres fréquences :

$$\frac{f_{12}}{f_0} = \left(\frac{f_{12}}{f_{11}}\right) \times \left(\frac{f_{11}}{f_{10}}\right) \times \left(\frac{f_{10}}{f_9}\right) \times \left(\frac{f_9}{f_8}\right) \times \left(\frac{f_8}{f_7}\right) \times \left(\frac{f_7}{f_6}\right) \times \left(\frac{f_6}{f_5}\right) \times \left(\frac{f_5}{f_4}\right) \times \left(\frac{f_4}{f_3}\right) \times \left(\frac{f_3}{f_2}\right) \times \left(\frac{f_2}{f_1}\right) \times \left(\frac{f_1}{f_0}\right) = 2$$

d x d x d x …. x d (12 fois) = d^{12}



- **Découper** l’axe de fréquences en 12 intervalles égaux appelés demi-tons (de valeur d), **y placer** les douze notes de l’octave et les demi-tons.
- **Quelle relation mathématique** existe entre les fréquences f_1, f_2 et la valeur d **?**
- Comme les 12 intervalles sont égaux**, quelle relation mathématique** peut-on écrire entre chaque rapport de fréquences **?**

Or, comme il s’agit d’une octave, je sais que $f_{12} = 2f_0$

- **En utilisant** les connaissances sur le **produit de fractions, exprimer la relation** entre f_{12}/f_0, d et le nombre 2.

On aboutit au résultat :

$$\mathbf{d^{12} = 2}$$

C'est presque fini !

Combien vaut d ?

Petit rappel de collège

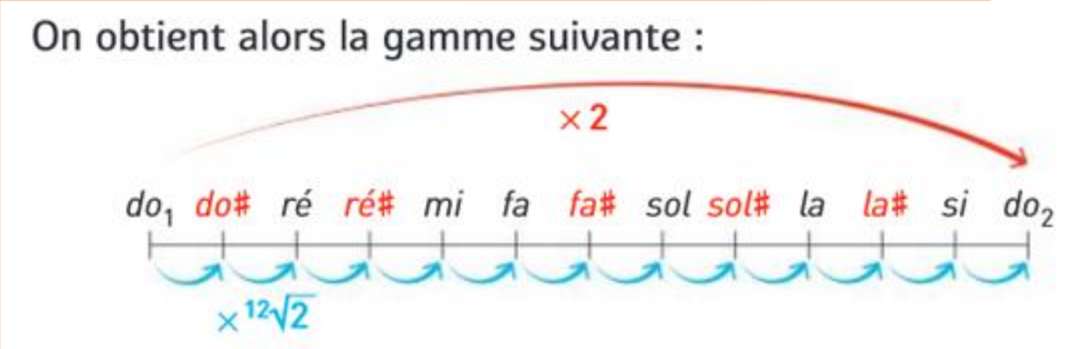
La racine carrée d'un nombre *r* est par définition l'unique solution de l'équation $x^2 = r$.

Elle est notée $\sqrt{r}$.

Comment l'appliquer pour calculer d ?

$$\mathbf{d^{12} = 2}$$

$$\mathbf{d} = \sqrt[12]{2}$$



Application avec la calculatrice

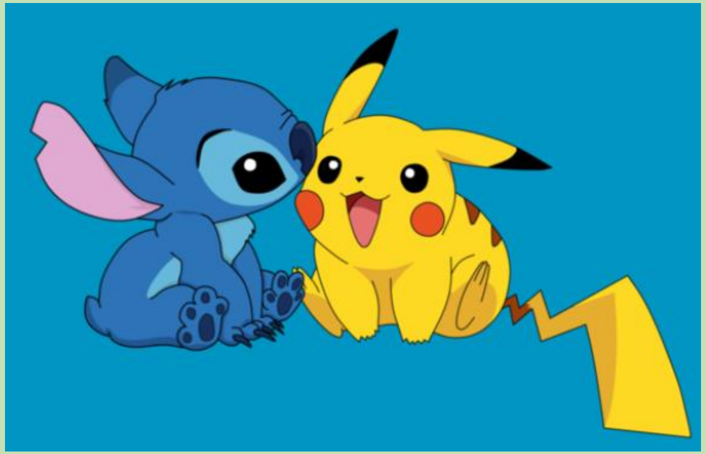
- Taper 12
- Maths
- Fonction racine $n^{\text{ième}}$
- Taper 2
- Entrée

Et vous avez la valeur de la racine $12^{\text{ème}}$ de 2 !!

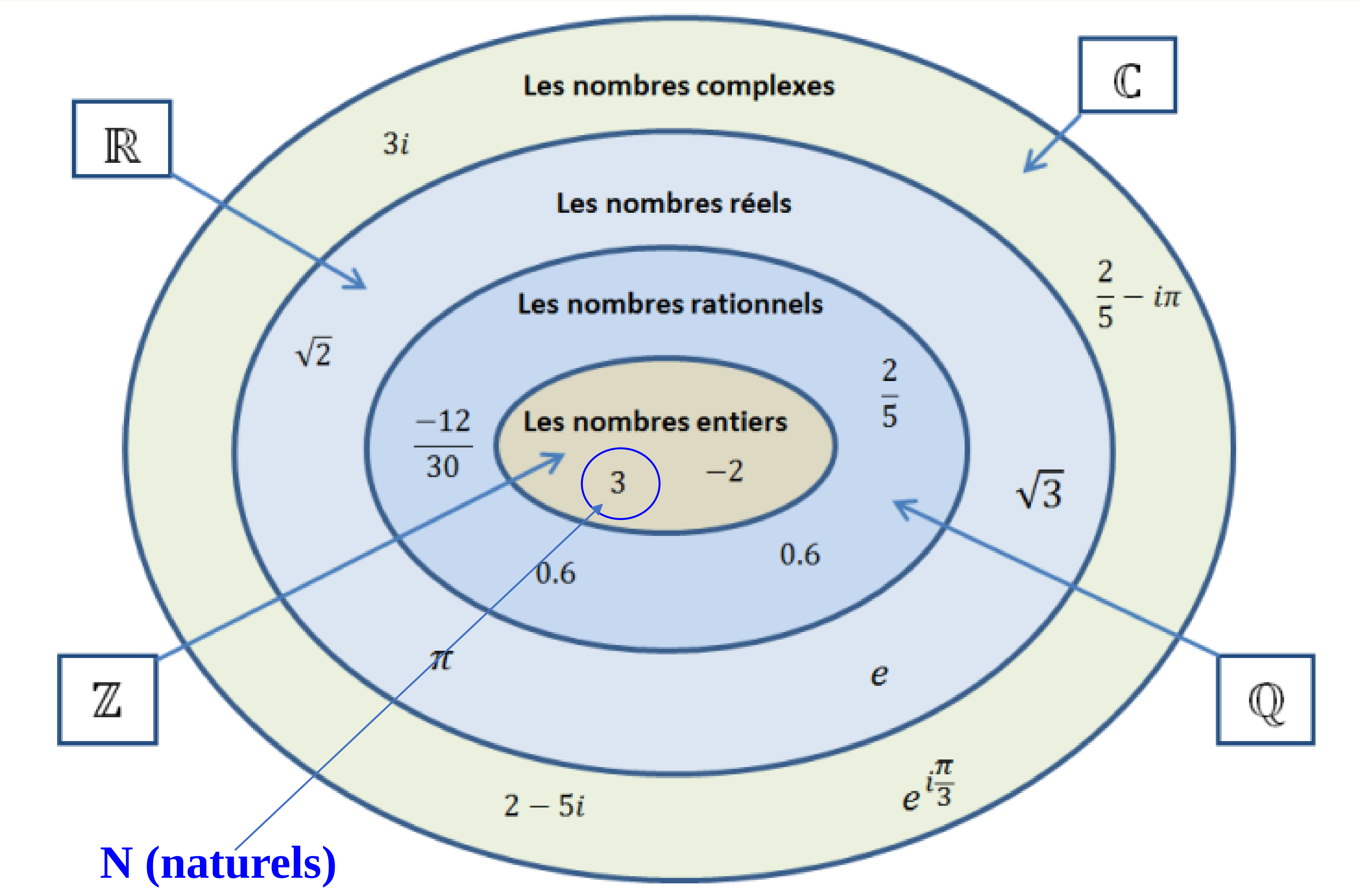
d = 1,059463094

Valeur d'un intervalle « demi-ton »

Nombre irrationnel



Un peu d'histoire des Mathématiques

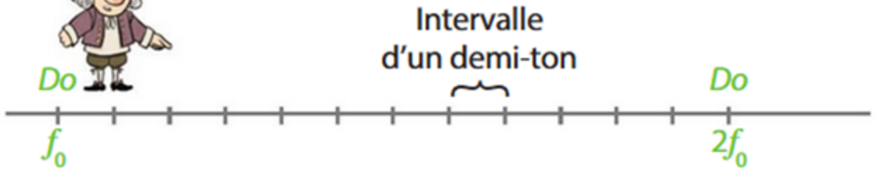


Solution - Document 2 page 200

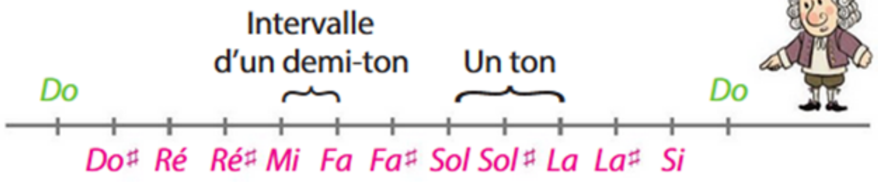
2 La gamme tempérée

Vidéo
La gamme tempérée
hatier-clic.fr/es1200

1 On divise l'octave en douze intervalles égaux, que l'on appellera « demi-tons » et que l'on note $t_{1/2}$.



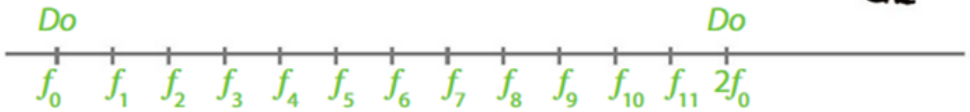
2 Si on place toutes les notes de la gamme de *do*, on voit que les notes principales sont séparées soit d'un demi-ton, soit d'un ton entier.



Pour construire une gamme tempérée, il nous faut la valeur du rapport du demi-ton : les mathématiques vont nous aider.

3 Mathématiquement, si on numérote les fréquences successives de notre gamme, pour chaque intervalle on a :

$$\frac{f_1}{f_0} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{f_3}{f_2} = \cdots = \frac{f_{11}}{f_{10}} = \frac{f_{12}}{f_{11}} = t_{1/2}$$



Avec notre *do* d'octave, on voit que : $f_{12} = 2 \times f_0$, donc que $\frac{f_{12}}{f_0} = 2$.

On peut exprimer cette fraction en fonction des autres fréquences :

$$\frac{f_{12}}{f_0} = \left(\frac{f_{12}}{f_{11}}\right) \times \left(\frac{f_{11}}{f_{10}}\right) \times \left(\frac{f_{10}}{f_9}\right) \times \left(\frac{f_9}{f_8}\right) \times \left(\frac{f_8}{f_7}\right) \times \left(\frac{f_7}{f_6}\right) \times \left(\frac{f_6}{f_5}\right) \times \left(\frac{f_5}{f_4}\right) \times \left(\frac{f_4}{f_3}\right) \times \left(\frac{f_3}{f_2}\right) \times \left(\frac{f_2}{f_1}\right) \times \left(\frac{f_1}{f_0}\right) = 2$$

Autrement dit : $\frac{f_{12}}{f_0} = t_{1/2} \times t_{1/2} \times t_{1/2} \cdots \times t_{1/2} = \left(t_{1/2}\right)^{12} = 2$

Ce qui nous conduit à la valeur du rapport d'un demi-ton :

Si : $\left(t_{1/2}\right)^{12} = 2$, alors $t_{1/2} = 2^{1/12}$

On nomme cette valeur « racine douzième de 2 », et on peut aussi l'écrire $\sqrt[12]{2}$

Exercice 1 : Comparaison des deux types de gammes

Jusqu'au 17$^{\text{ème}}$ siècle – Gamme de Pythagore – Rapport de fréquences – Puissances $3^n/2^p$

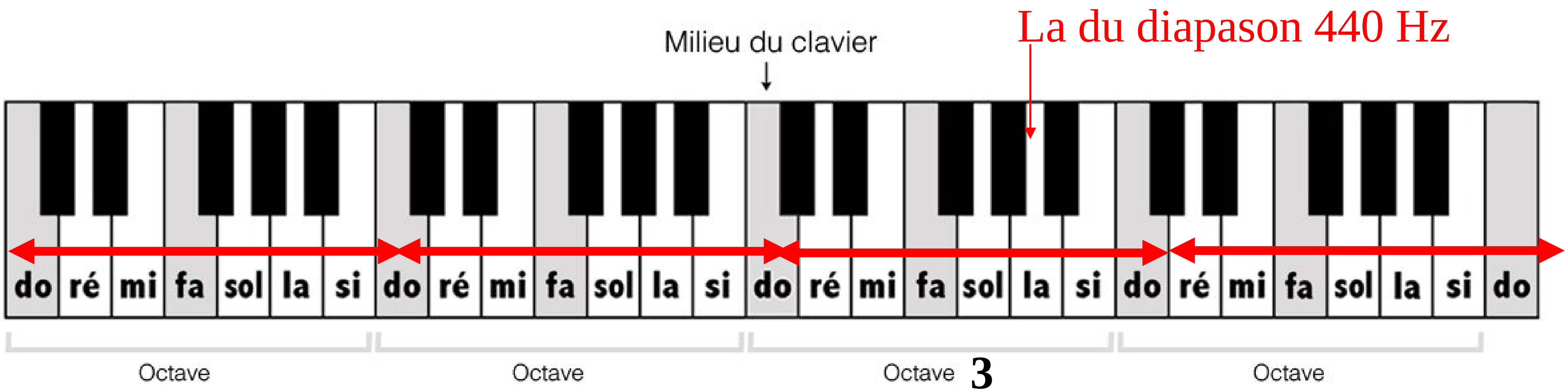
Limites = …..

A partir du 17$^{\text{ème}}$ siècle – Gamme tempérées – Rapport de fréquences - $\sqrt[12]{2}$

Ces fréquences obtenues par ces deux gammes sont-elles équivalentes ?

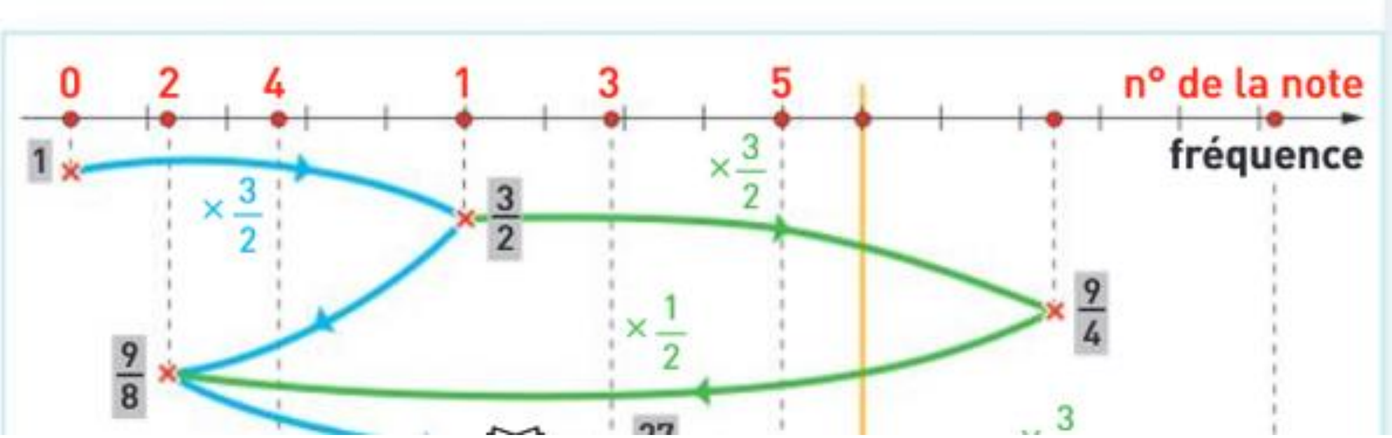
Exercice d'application n° 1 :

Objectif = **comparer** les intervalles et les fréquences des gammes naturelles et tempérées.



Rappel

Cycle des quintes



Note construite par cycle de quinte	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Rapport calculé à partir de f_0	1	1.5	1.13	1.69	1.27	1.9	1.43	1.07	1.60	1.20	1.80	1.35	2.03
	Gamme entre Do_3 et Do_4												
Notes	**Do_3**	**Do#**	**Ré**	**Ré #**	**Mi**	**Fa**	**Fa #**	**Sol**	**Sol #**	**La**	**La #**	**Si**	**Do_4**
Rapports remis dans l'ordre													

Intervalles inégaux

Gamme de Pythagore = calcul des fréquences à partir d'une note (exemple La_3)

Relation entre fréquences = rapport de puissance – $f = 3^n/2^p \times f_0$

Note construite par cycle de quinte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rapport calculé à partir de f_0	1	1.5	1.13	1.69	1.27	1.9	1.43	1.07	1.60	1.20	1.80	1.35	2.03
	Gamme entre Do_3 et Do_4												
Notes	**Do_3**	**Do#**	**Ré**	**Ré #**	**Mi**	**Fa**	**Fa #**	**Sol**	**Sol #**	**La**	**La #**	**Si**	**Do_4**
Rapports remis dans l'ordre	1	1,07	1,13	1,20	1,27	1,35	1,43	1,5	1,60	1,69	1,8	1,9	2,03
Calcul de la fréquence (Hz) à partir du La	260,35 **$f_0 = F_{la} / 1{,}69$**	278,57 **$F = 1{,}07 \times f_0$**	294,20 **$F = 1{,}13 \times f_0$**	312,42	330,65	351,47	372,30	390,53	416,56	**440 = 1,69 F0**	468,63	494,67	528,52

Rapport entre Sol et Do = 1,50

Gamme tempérée = calcul des fréquences par intervalles égaux

Relation entre fréquences = rapport de puissance – $F_n = \sqrt[12]{2} \times f_{n-1}$

Notes	Do_3	Do#	Ré	Ré #	Mi	Fa	Fa #	Sol	Sol #	La	La #	Si	Do_4
Calcul de la fréquence (Hz) à partir du La_3	260,44	276,06	292,63	310,18	328,79	348,52	369,43	391,60	415,09	**440,00**	466,40	494,38	524,05
Comparaison avec la gamme naturelle de Pythagore	260,35	278,57	294,20	312,42	330,65	351,47	372,30	390,53	416,56	**440**	468,63	494,67	528,52

Rapport entre Sol et Do = 1,503
La gamme sonne un peu moins juste que la gamme naturelle

Activité 4 (TP3) – Gammes tempérées et transposition musicale

Transposition d'un morceau de musique = **décaler** toutes ses **notes** d'un **intervalle fixe** vers l'aigu ou le grave :

- soit à l'écriture de la partition
- soit au moment de l'interprétation.

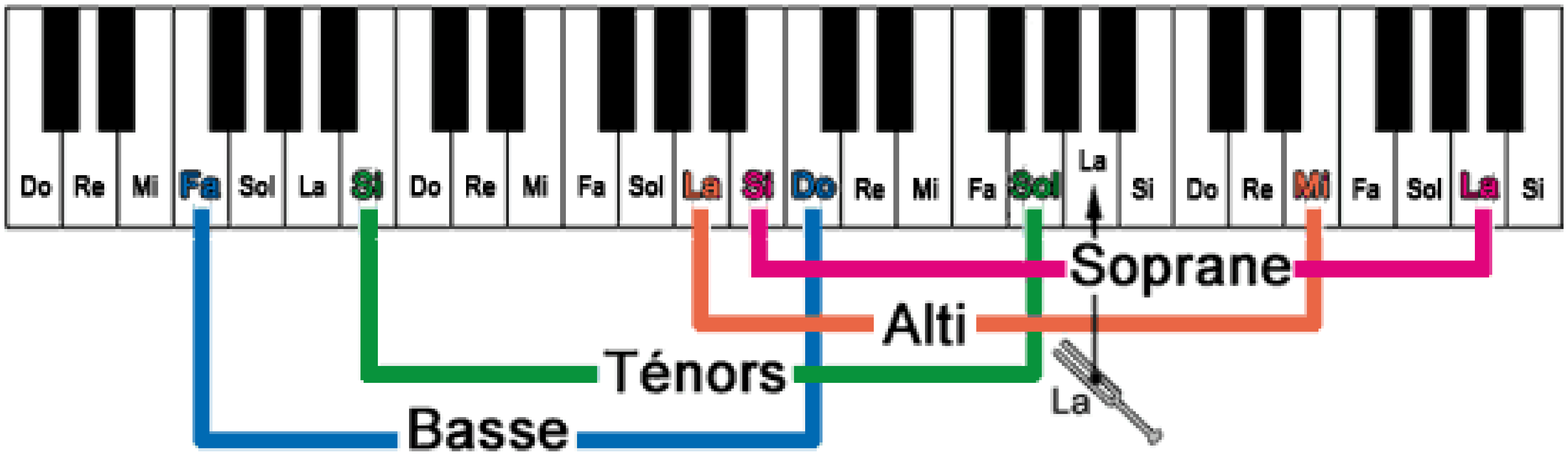
Certains instruments dits « transpositeurs » émettent des notes différentes des notes écrites.

Tuba - Note jouée = fa : note entendue = Do

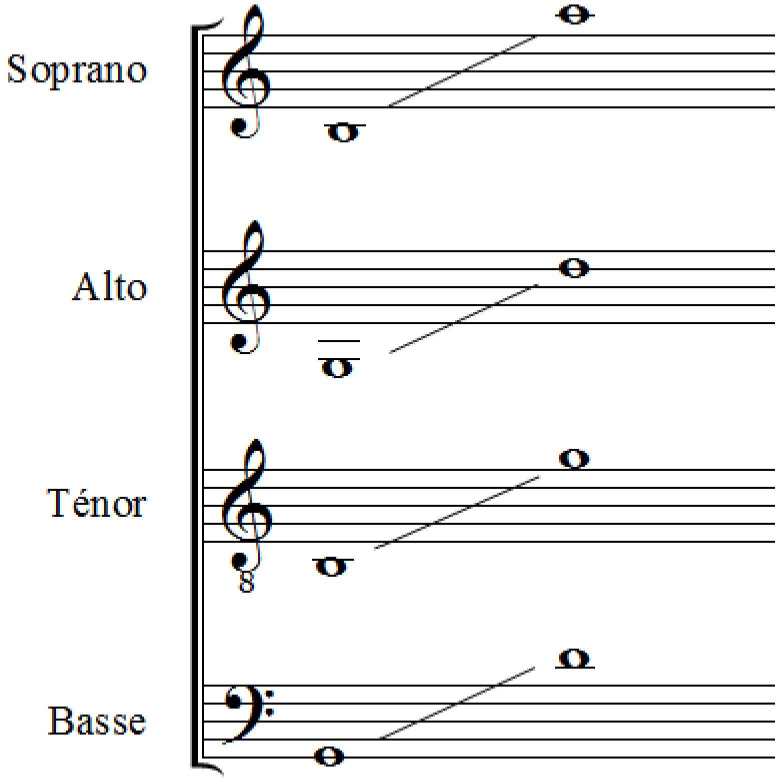
Saxophone – Note jouée = DO : note entendue = MI bémol.

Leurs partitions sont transposées

+ Cas des chanteurs (TP3)


Do Re Mi Fa Sol La Si Do Re Mi Fa Sol La Si Do Re Mi Fa Sol La Si Do Re Mi Fa Sol La Si
Soprane
Alti
Ténors
Basse
La


BLOB OPERA


Soprano
Alto
Ténor
Basse

Beethoven est un compositeur allemand qui a composé la neuvième symphonie en 1823. L'hymne européen, un arrangement de l'Ode à la joie, est le dernier mouvement de cette symphonie.

Notes jouées : si3 si3 do4 ré4 ré4 do4 si3 la3 sol3 sol3 la3 si3

Fréquences (Hz) : 494 523 587 440 392

Note la plus haute (ré4 ré4 — 587)

Note la plus basse (sol3 sol3 — 392)

Une grande partie de la neuvième symphonie est chantée. Un **baryton** ne peut chanter que des notes dont les **fréquences** sont comprises entre **130 Hz et 400 Hz**. On souhaite **transposer** l'extrait de la partition afin que ce baryton puisse la chanter. On rappelle que la transposition musicale consiste à **décaler les fréquences** de toutes les notes vers l'aigu ou le grave en les **multipliant ou les divisant** par un **nombre fixé de demi-tons (valeur = $2^{1/12}$)**.

Le baryton chante à partir de 130 Hz jusqu'à 400 Hz
La note la plus haute à chanter = ré$_4$, de fréquence 587 Hz que le baryton ne peut pas chanter.

Transposition de la partition vers le grave –
Division par un nombre fixe, multiple de $\sqrt[12]{2}$

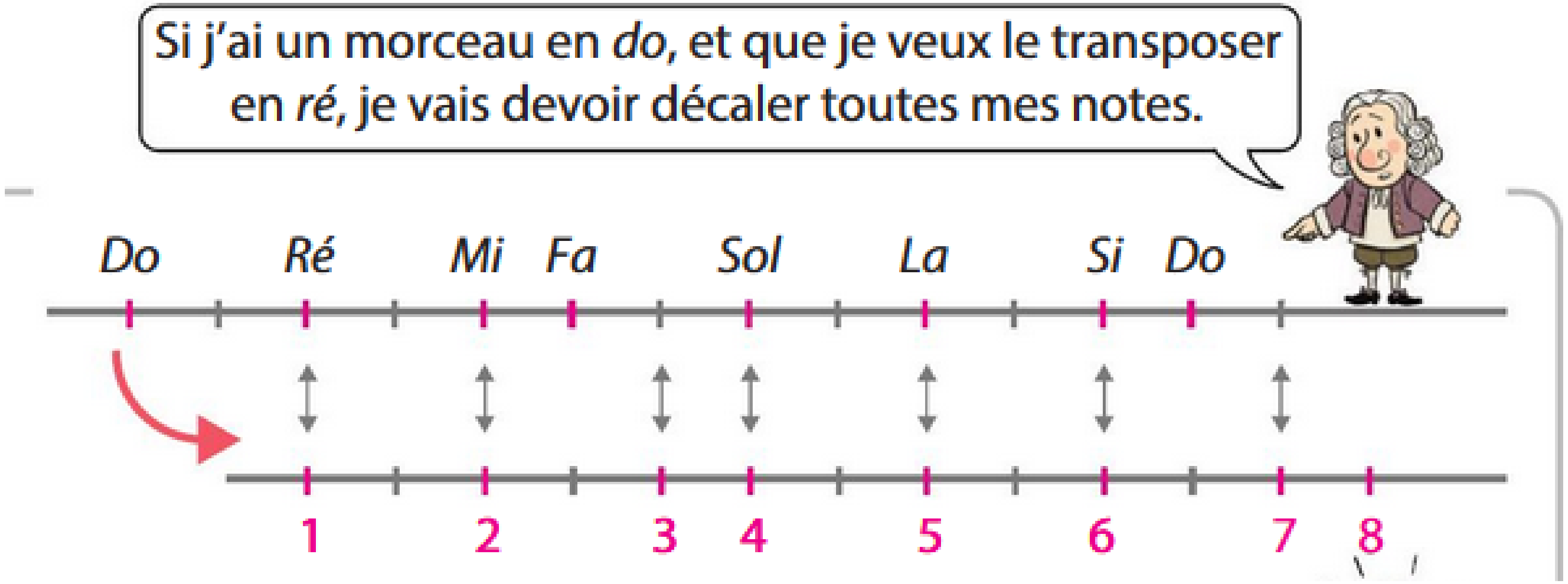
Calcul du nombre fixe : 587 (plus haute de la partition) /400 (plus haute chantée) = 1,47

puis / par 1,059463 ($\sqrt[12]{2}$) pour trouver le nombre de ½ tons = 1,38
Rapport exprimé en multiple de $\sqrt[12]{2}$ = 1,38 $\sqrt[12]{2}$

Donc pour la transposition baryton (fréquence en Hertz)

si	si	do	ré	ré	do	si	la	sol	sol	la	si
494	494	523	587	587	523	494	440	392	392	440	494
336	336	355	400	400	355	336	299	266	266	299	336

Exercice 2 – Transposition pour plusieurs instruments



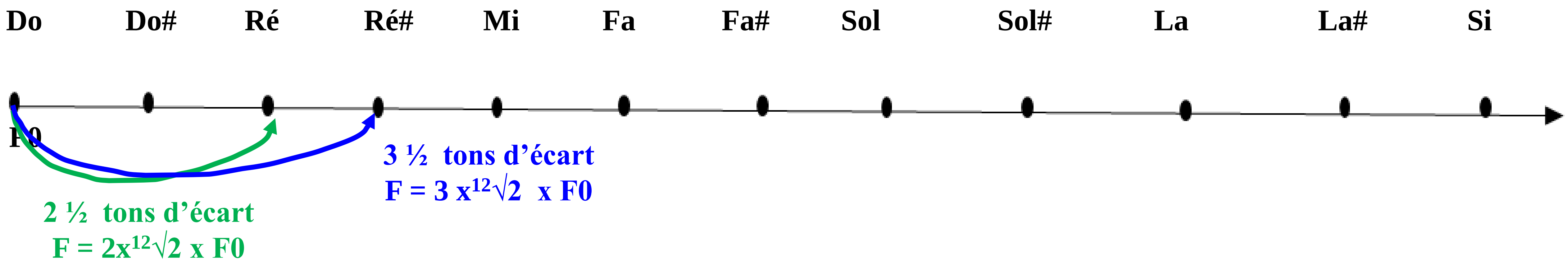
Tonalité du piano :

La transposition d'un morceau de musique consiste à décaler toutes ses notes d'un intervalle fixe vers l'aigu ou le grave1. La transposition peut s'effectuer soit à l'écriture de la partition soit au moment de l'interprétation.

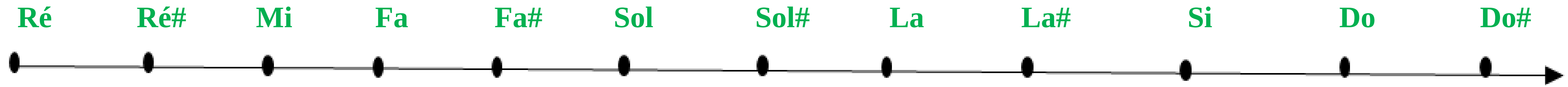
Tonalité de la clarinette :

Tonalité du saxo :

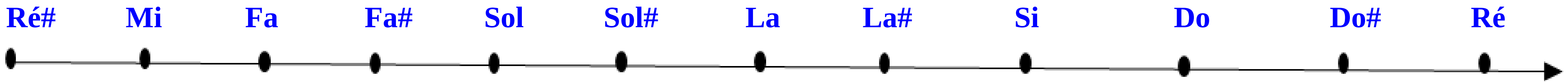
Tonalité du piano :



Tonalité de la clarinette :



Tonalité du saxo :



Document 3 page 201

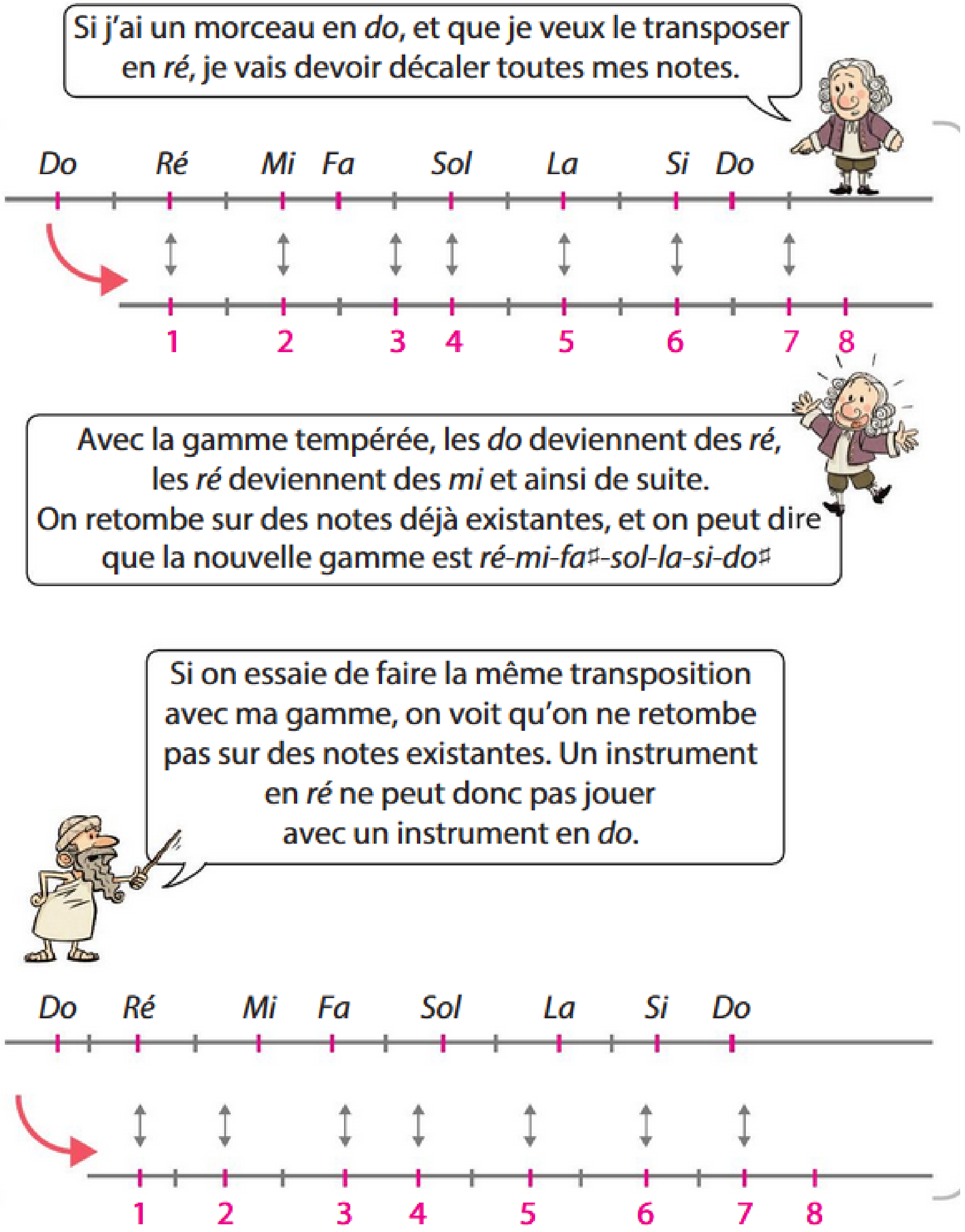
3 Transposer, l'intérêt de la gamme à intervalles égaux

Transposer, c'est modifier la tonalité d'un morceau en intervenant uniquement sur la hauteur de note. Par exemple, *Au clair de la Lune* se joue au piano en commençant par un *do*. La clarinette, qui joue dans une autre tonalité, doit commencer par un *ré* et, en conséquence, doit « décaler » toutes les notes du morceau. La mélodie initiale du morceau est ainsi préservée bien qu'elle ne soit pas jouée à la même hauteur.

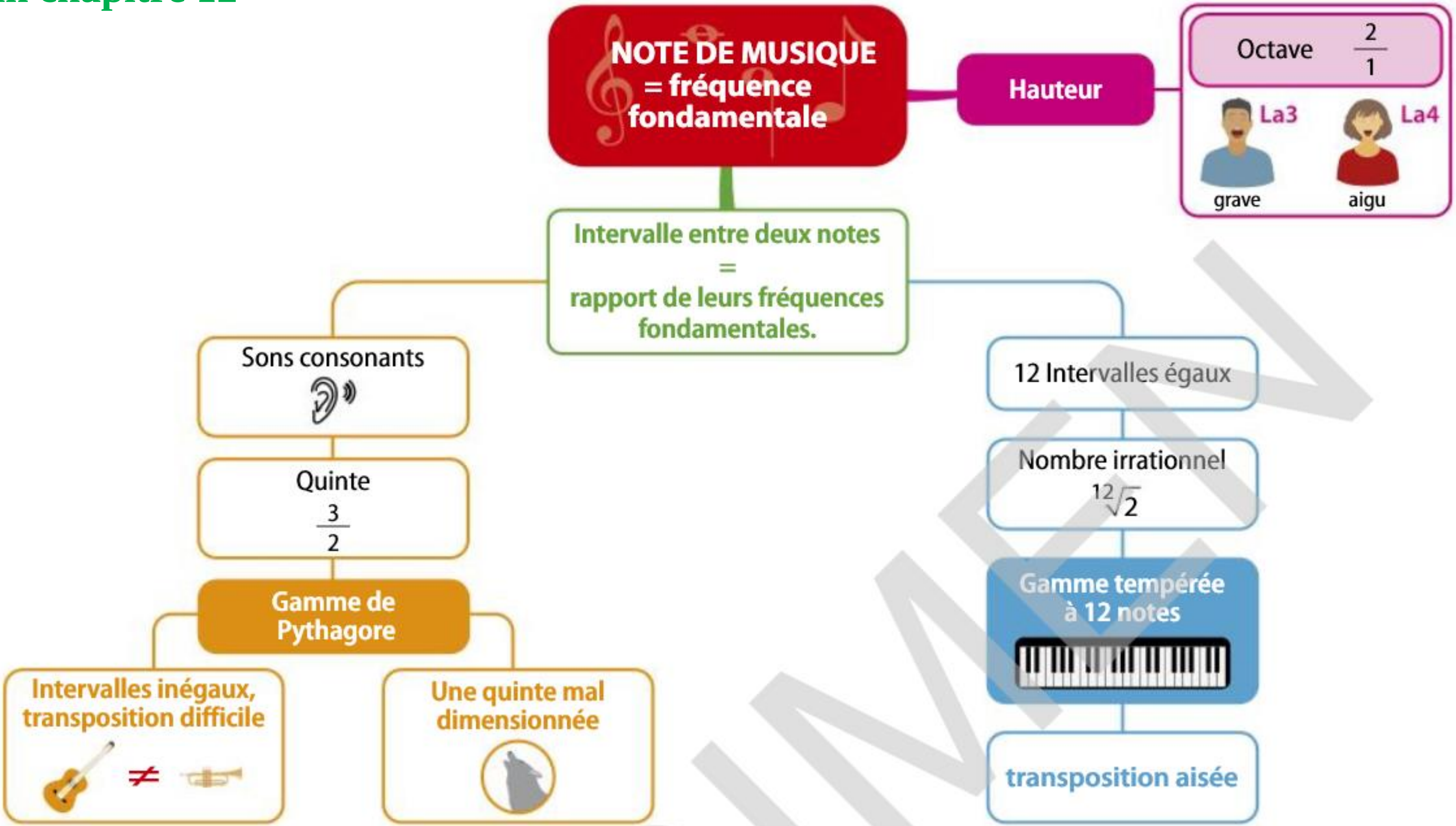
La mélodie étant liée aux intervalles entre les notes, la transposition n'est possible qu'avec une gamme à intervalles égaux telle que la gamme tempérée.

La transposition permet de faire jouer simultanément plusieurs instruments accordés dans des tonalités différentes. Pour que la transposition soit possible, les instruments doivent être accordés sur la gamme tempérée. Actuellement, c'est le cas de presque tous les instruments dont les notes sont fixées par le fabricant (guitare, flûte, clarinette, etc.). Mais certains instrumentistes préfèrent privilégier les accordages d'époque pour conserver une certaine authenticité.

La gamme tempérée a rendu la musique plus pratique, même si elle a un peu perdu en justesse.

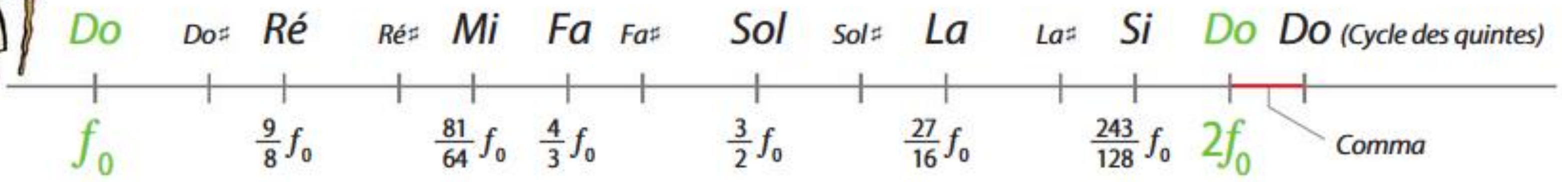


Bilan chapitre 12



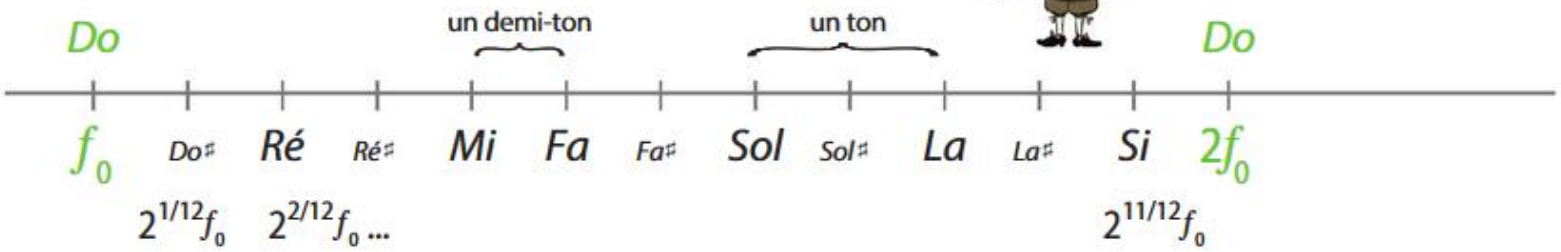
Bilan chapitre 12
Page 203

La gamme de Pythagore se construit grâce au cycle des quintes. Cette gamme est basée sur des notes consonantes car les rapports de fréquences sont des rapports de nombres entiers, mais les intervalles entre les notes ne sont pas constants.



Le cycle des quintes ne se refermant jamais complètement, il reste un petit écart, appelé « comma », entre la note de fin de cycle et l'octave réelle. Ce comma est suffisamment petit pour être négligé pour des cycles de 5, 7, 12 ou 53 notes.

La gamme à intervalles égaux se construit en divisant l'octave en douze parties égales appelées « demi-tons ». Le rapport des fréquences de deux notes séparées par un demi-ton est constant et vaut $2^{1/12}$.



Ma gamme sonne juste mais n'est pas très commode pour la pratique collective de la musique.

Ma gamme est un peu moins juste, mais elle permet très facilement à plusieurs musiciens de jouer ensemble.

Activité 4 (TP3) – Gammes tempérées et transposition musicale

Note sur la partition	do
Son réel entendu pour un instrument en ut	do
Son réel entendu pour un instrument en si ♭	si ♭
Son réel entendu pour un instrument en la	la
Son réel entendu pour un instrument en fa	fa
Son réel entendu pour un instrument en mi ♭	mi ♭

Valeurs exactes

	DO	RE	MI	FA	SOL	LA	SI	DO
Pythagore	1	9/8	81/64	4/3	3/2	27/16	243/128	2
Zarlino	1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2
Témp. égal	1	$2^{1/6}$	$2^{1/3}$	$2^{5/12}$	$2^{7/12}$	$2^{3/4}$	$2^{11/12}$	2

Valeurs décimales approchées (certaines sont exactes)

	DO	RE	MI	FA	SOL	LA	SI	DO
Pythagore	1	1,125	1,265625	1,33333...	1,5	1,6875	1,89843...	2
Zarlino	1	1,125	1,25	1,33333...	1,5	1,66666...	1,875	2
Témp. égal	1	1,122462...	1,25992...	1,33483...	1,49830...	1,68179...	1,88774...	2