

UE2 Biophysique

Pr Ilana IDY-PERETTI (Docteur en Physique, PU-PH en Médecine Nucléaire et Biophysique)

Jeudi 27/10/16 de 15h30 à 16h30

Ronéotypeur : Slimane Yanir CHOUBANE

Ronéolecteur/ficheur : Quentin LEDUC

COURS n°9 : IMAGERIE- MULTIMODALITES

Ce cours est comme un TD malgré son titre, en effet, il n'y a pas de TD en UE2, donc ce cours est une séance de révision.

Le professeur n'a pas voulu me donner toutes ses diapositives. En effet, elles regorgeaient d'autres QCMs. « Si je vous les passais, qu'est-ce qu'on pourrait vous poser. » dixit Peretti. Essayez quand-même de voir les livres de qcm qu'elle et son mari ont écrit et qui ressemblent à ceux de ce TD.

Les diapositives sont sur moddle, mais j'ai réussi à filmer tous les QCMs..

De ce que j'ai cru comprendre, les QCMs et QR faites lors de ce TD peuvent aussi tomber aussi à l'examen. Au total, il y aura une trentaine de QCMs concernant la biophysique (majorité des QCMs, et sur tous les cours), l'histologie et l'anatomie-pathologique.

Deux questions rédactionnelles seront également présentes. (il y en aura une en Biophysique et une en Anatomie-pathologique) Concrètement, pour la biophysique, si vous avez compris les différentes techniques d'imagerie sans aller à fond les détails (c'est-à-dire citer des chiffres précis ...) vous pourrez bien répondre aux QR.

Tous les cours de biophysique n'ont pas été abordés lors de ce TD, mais vous devez tous les connaître. D'autant plus qu'il y avait des qcms sur le cours de la semaine d'après (qu'on a pas encore étudié).

Plan du cours

I) Ultrasons, échographie et effet Doppler

A) Exemple de question rédactionnelle

B) QCMs

II) Rayons X

A) Exemple de question rédactionnelle

B) QCMs

III) IRM

A) Exercice 1 sur l'IRM

B) Exercice 2 sur l'IRM

IV) Médecine Nucléaire

A) Question rédactionnelle générale

B) QCM

V) Optique

A) QCM

I) Ultrasons, échographie et effet Doppler

A) Exemple de question rédactionnelle :

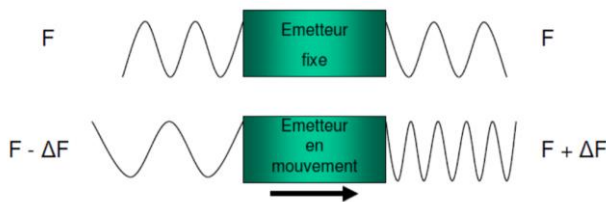
Donner le principe de l'effet Doppler et traiter particulièrement son application à la vélocimétrie sanguine. (Attention, la question est en deux parties)

Il faut se reporter au cours, mais concrètement il faut au moins dire, que l'on a un récepteur et un émetteur. L'émetteur émet un ultrason à une certaine fréquence. L'effet Doppler a lieu lorsque le récepteur ou l'émetteur ou les deux se déplacent à une certaine vitesse, ce qui provoque une modification de la fréquence reçue par rapport à la fréquence réelle émise.

Ensuite, après avoir dit cela, l'on doit écrire les équations qui s'y réfèrent, bien évidemment, il ne faudra pas nécessairement tout dire en détail, et l'épreuve n'est pas notée au mot-près clef, pour réussir il faut montrer que l'on a compris le cours et bien répondre à la question.

L'effet Doppler

Principe : tout phénomène périodique propagé est perçu par le récepteur à une fréquence différente de sa fréquence d'émission lorsque se produit un déplacement relatif entre l'émetteur et le récepteur.



L'effet Doppler

En cas de déplacement de l'émetteur et du récepteur dans le même axe

$$F_r = F_e + F_e \cdot v/c$$

et

$$\delta F = F_r - F_e = F_e \cdot v/c$$

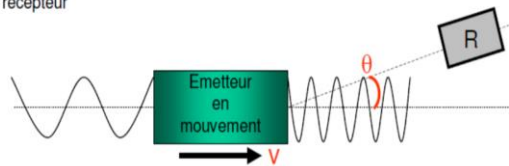
avec F_r = fréquence perçue par le récepteur
 F_e = fréquence d'émission
 v = vitesse de déplacement relatif entre l'émetteur et le récepteur
 c = vitesse du son
 δF = fréquence Doppler

L'effet Doppler

En cas de déplacement de l'émetteur et du récepteur dans un axe différent

$$\delta F = F_e \cdot v/c \cdot \cos \theta$$

avec θ = angle formé par l'axe de déplacement de l'émetteur et l'axe du récepteur



Ensuite, il faut expliquer ce qu'est la vélocimétrie sanguine. Elle sert à connaître la vitesse des hématies et se base sur un double effet-Doppler. L'on pourra lors de l'examen, préciser la formule ainsi que ce à quoi correspond chaque terme.

Il est possible de faire des schémas pour expliquer son propos. (cf. diapos du dessous)

L'effet Doppler

Application à la vélocimétrie sanguine

= mesure de la vitesse des hématies dans un vaisseau

Principe

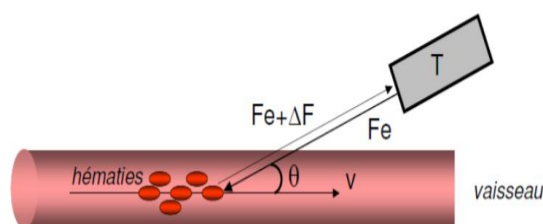
Le faisceau US est émis par une sonde (émetteur fixe) qui, en rencontrant les hématies (récepteurs puis émetteurs secondaires en mouvement), est **rétrodiffusé** vers la sonde (récepteur fixe).

→ 2 effets Doppler consécutifs qui s'ajoutent

$$\Delta F = 2 F_e \cdot v/c \cdot \cos \theta$$

Avec v = vitesse des hématies et ΔF = fréquence du signal Doppler

Application à la vélocimétrie sanguine



Le signal recueilli par la sonde Doppler (T) est égal à $F_e + \Delta F$

Application à la vélocimétrie sanguine

$$\Delta F = 2 F_e \cdot v/c \cdot \cos \theta$$

La fréquence Doppler (ΔF) est proportionnelle :

- à la vitesse du flux sanguin (F_e et c connues)
- au cosinus de l'angle de tir (θ)

→ permet de connaître le sens du flux sanguin

- si $90^\circ < \theta < 270^\circ$ alors $\cos \theta < 0$ et $\Delta F < 0$
- si $-90^\circ < \theta < 90^\circ$ alors $\cos \theta > 0$ et $\Delta F > 0$

→ la mesure optimale de ΔF nécessite d'aligner le faisceau US avec le flux sanguin ($\theta \approx 0^\circ$ ou 180° , c'est-à-dire $\cos \theta \approx 1$ ou -1) sinon, l'erreur relative augmente à mesure que l'axe du faisceau US et le flux sanguin deviennent perpendiculaires

B) QCMs

Q1 Parmi les réponses suivantes une seule est exacte :

Sachant que l'atténuation d'un pinceau ultrasonore est de $1 \text{ dB} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{MHz}^{-1}$ et qu'une structure est visualisée à 10 cm par une sonde de 2 MHz, l'atténuation est de :

- A) 10 dB
- B) 20 dB
- C) 30 dB
- D) 40 dB
- E) 50 dB

Réponse D. En effet, il faut déjà savoir qu'il y a un aller-retour, donc l'onde parcourra 20 cm ($10 \cdot 2$) et que la sonde est de 2MHz.

L'atténuation vaut 1 dB, si l'onde parcourt 1cm à une fréquence de 1MHz.

Si elle parcourt 1cm à une fréquence de 2MHz, l'atténuation sera de 2dB.

Et si elle parcourt, 20 cm sur 2MHz, elle aura une atténuation de $2 \cdot 20 = 40 \text{ dB}$.

Q2 Parmi les réponses suivantes quelles sont les inexactes :

Concernant l'échographie B vue par le médecin la réalisant est :

- A) Dynamique
- B) Intéressante pour bien séparer les tissus mous
- C) Permet de connaître le pouvoir d'absorption de formations denses
- D) Est à lecture appréhendant le plan de façon globale comme la radiologie X traditionnelle
- E) Donne des cônes d'ombres

Réponse C et D. En effet, l'image se fait petit à petit et en direct contrairement à la radiologie grâce aux différents petits échos. De plus, l'échographie utilise l'effet Doppler et ne prend pas en compte le pouvoir d'absorption des formations denses.

Q3 Parmi les réponses suivantes une seule est inexacte :

L'échographie de brillance est :

- A) Affectée par l'atténuation du pinceau ultrasonore explorateur
- B) Utilisatrices des fréquences d'émissions différentes suivant la profondeur des organes à explorer
- C) Utilisatrice d'une seule sonde transductrice pour l'émission et la réception
- D) Utilisatrice de sondes dont la fréquence se situe entre 400 kHz et 800 kHz
- E) Une exploration importante pour surveiller le bien être fœtal

Réponse D. De l'ordre du MHz. (4MHz (structures profondes) à 8 MHz (superficielles))

Q4 Echo Doppler

Parmi les réponses suivantes une seule est exacte :

L'imagerie Doppler est :

- A) Une exploration des structures tissulaires
- B) Irradiante
- C) Mesure les vitesses des fluides circulants
- D) Obtenue grâce à une émission ultrasonore à large spectre
- E) S'effectue par transmission

Réponse C

Q5 Echo Doppler

Parmi les réponses suivantes une seule est exacte :

Le calcul de la vitesse des fluides circulants s'effectue grâce à la formule de Doppler. On donne la vitesse sanguine =1,5 m/s, $\cos\theta=0,5$ et la vitesse des ultrasons dans les tissus biologiques $c=1500$ m/s. Et la fréquence d'émission = 4MHz.

Calculer la différence de la fréquence du signal :

- A) 1 kHz
- B) 2 kHz
- C) 3 kHz
- D) 4 kHz
- E) 6 kHz

Réponse D

$$\Delta F = 2F_e \frac{v}{c} \cos\theta = 2 * 4 * \frac{1,5}{1500} * 0,5 = 8 * 0,001 * 0,5 = 0,004MHz = 4kHz$$

Q6 Echo Doppler

Parmi les réponses suivantes une seule est inexacte :
L'imagerie Doppler est :

- A) s'inscrit dans l'imagerie échographique B
- B) se réalise en incidence normale aux structures
- C) donne le sens des écoulements
- D) est représentée en échelle couleur
- E) est utile en exploration cardiaque

Réponse B, la sonde n'est pas tout le temps perpendiculaire (perpendiculaire = incidence normale (terme mathématique))

II) Rayons X

A) Exemple de question rédactionnelle :

Expliquer la formation de l'image radiante en imagerie par rayons X.

Voici, les diapositives auxquelles on peut se référer pour répondre à la question. On pourra aussi parler de l'atténuation et du contraste en imagerie par rayons X.

Formation de l'image radiante

- Les photons X incidents interagissent plus ou moins avec le malade en fonction de la structure qu'ils traversent: effet photoélectrique, effet Compton.
- Pour un faisceau monoénergétique, le nombre de photons n'ayant pas interagi avec le malade est

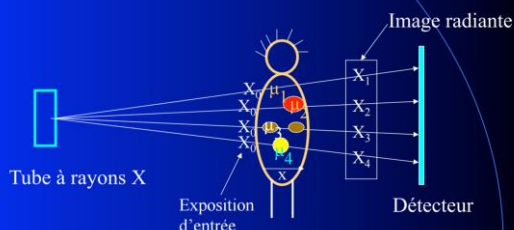
$$N = N_0 e^{-\mu x} = N_0 e^{-(\mu/\rho) \cdot (\rho x)}$$

μ = coeff d'atténuation, x = épaisseur du malade, ρ = masse volumique, μ/ρ = coeff d'atténuation massique, CDA = $\ln 2 / \mu$

- μ Augmente avec ρ , Augmente avec Z , Diminue avec E des photons incidents
- Pour un faisceau de photons donné, μ varie en chaque point du malade, en fonction de ρ et Z (qui sont plus élevés pour l'os que pour le poumon par exemple), donc N varie en chaque point du détecteur.

Formation de l'image radiante

- L'image radiante est représentée par les différentes valeurs de X en chaque point « à la sortie du malade », hors rayonnement diffusé = rayonnement transmis.



Contraste dans l'image radiante

Pour un faisceau parallèle monoénergétique

$$\text{En un point 1: } X_1 = X_0 e^{-\mu_1 x_1}$$

$$\text{En un point 2: } X_2 = X_0 e^{-\mu_2 x_2}$$

Si $x_1 = x_2 = x$, alors le contraste C entre les points 1 et 2 de l'image radiante est:

$$C = \ln(X_1 / X_2) = (\mu_2 - \mu_1) \cdot x$$

C décroît lorsque l'énergie des RX augmente (lorsque U augmente), car alors $(\mu_2 - \mu_1)$ diminue.

Rappel : Il est possible de faire des schémas pour expliquer son propos.

B) QCMs

Q1 : Parmi les propositions suivantes donner la seule réponse INEXACTE.

L'exploration par tomодensitométrie X est une méthode :

- A) Irradiante
- B) Anatomique
- C) Donnant des coupes tissulaires
- D) Utilisant des radiotraceurs
- E) Visualisant bien le tissu osseux

La tomодensitométrie est une méthode irradiante, permettant d'observer les structures du corps, elle est donc anatomique ; (*par opposition à fonctionnelle, qui étudie la fonction, par exemple, la vélocimétrie Doppler et la caractéristique dynamique des hématies (leur vitesse), la scintigraphie ou l'IRM [qui est anatomique et fonctionnelle]*)

Elle donne des coupes tissulaire et visualise bien le tissu osseux, et donc par élimination, ou en connaissant tout simplement ne faisant pas référence aux radio traceurs on en déduit la proposition inexacte.

Réponse D. (Attention, on demandait la proposition inexacte.)

Q2 : Parmi les propositions suivantes donner la seule réponse INEXACTE.

L'exploration radiologique X est une méthode transmission du corps humain qui :

- A) Superpose les plans images
- B) Donne une projection des structures tissulaires
- C) S'acquière en rayonnements strictement parallèles
- D) Représente les atténuations différentielles des tissus
- E) Utilise des détecteurs plans sensibles aux rayons X

Réponse C. On peut avoir un faisceau conique

Q3 : Parmi les propositions suivantes, donner la seule réponse exacte :

L'exploration par Tomодensitométrie aux rayons X est :

- A) Fonctionnelle
- B) Utilisatrice de produits de contraste
- C) Une imagerie de diffusion
- D) Une imagerie de réfraction
- E) Représentée uniquement en coupes frontales

Cette technique est aussi appelée « Axiale Transverse » donc la E est fausse.
On a aussi des reconstructions informatiques pour faire d'autres coupes.

Réponse B (attention, il y a une différence avec les radiotraceurs)

Q4 : Parmi les propositions suivantes, donner la seule réponse exacte :

La TDM X donne une image :

- A) Corps entier si nécessaire
- B) Homothétique de la tranche anatomique explorée
- C) Représentant des valeurs d'unité de Hounsfield
- D) Ne visualisant pas les structures tissulaires molles
- E) S'obtenant grâce à un couple tube-détecteur tournant autour du sujet

Homothétie est une transformation géométrique.

Ici, on a une homothétie h de ABC qui la transforme en $A'B'C'$. Une photocopieuse fait aussi une homothétie, dans la mesure où les grandeurs restent proportionnées. Le rendu final de la TDM X, donnera une image dans des proportions réduites mais voilà, on pas une tête cinq fois plus grande que le bras ...

Réponse D vraie (cf. cours)

NB : à l'examen, il n'y a pas que des Questions à choix simples !

III) IRM

A) Exercice 1 sur l'IRM

Pour obtenir l'image d'un plan de coupe par résonance magnétique, on réalise une séquence d'écho de spin avec les paramètres suivants :

- **temps de répétition TR = 600 ms**
- **temps d'écho TE = 20 ms**
- **nombre d'accumulations Nacc = 2**
- **matrice image 128 x 128 (lignes * colonnes)**

1) Quelle est la pondération de la séquence ?

C'est une séquence pondérée en T1 avec TR court et TE court

2) Quelle est la durée d'acquisition TA de l'image de plan de coupe ?

$D = TR \times N_{\text{lignes}} \times N_{\text{acc}}$

$D = 600 \times 128 \times 2 = 153\,600 \text{ ms} = 153,6 \text{ s} = 2 \text{ minutes et } 33,6 \text{ secondes}$

3) Que devient cette durée d'acquisition si l'on multiplie par 3 le temps de répétition de la séquence, les autres paramètres de la séquence restant constants.

$D = TR \times N_{\text{lignes}} \times N_{\text{acc}}$

D est multiplié par 3 car D est proportionnel à TR

$D = 3 \times 153,6 = 460,8 \text{ s} = 7 \text{ minutes et } 40,8 \text{ secondes}$

4) Que devient la durée d'acquisition si l'on multiplie par 3 le temps d'écho de la séquence, les autres paramètres initiaux de la séquence restant inchangés.

$D = TR \times N_{\text{lignes}} \times N_{\text{acc}}$

D est inchangé : D est indépendant de TE

$D = 2 \text{ minutes et } 33,6 \text{ secondes}$

5) Que devient la durée d'acquisition si l'on multiplie par 3 le nombre d'accumulations, les autres paramètres initiaux de la séquence restant inchangés.

$D = TR \times N_{\text{lignes}} \times N_{\text{acc}}$

D est multiplié par 3 car D est proportionnel à Nacc

$D = 3 \times 153,6 = 460,8 \text{ s} = 7 \text{ minutes et } 40,8 \text{ secondes}$

Exercice 2 sur l'IRM

On réalise un examen d'imagerie par résonance magnétique à l'aide d'un appareillage fonctionnant à 0,5 Tesla.

- On acquiert une série d'images en écho de spin classique avec un temps de répétition $TR = 1800 \text{ ms}$ et un temps d'écho $TE = 90 \text{ ms}$.

1) Quelle est la pondération de la séquence ?

Réponse : On a un TR long et un TE long donc on a une séquence pondérée en T2

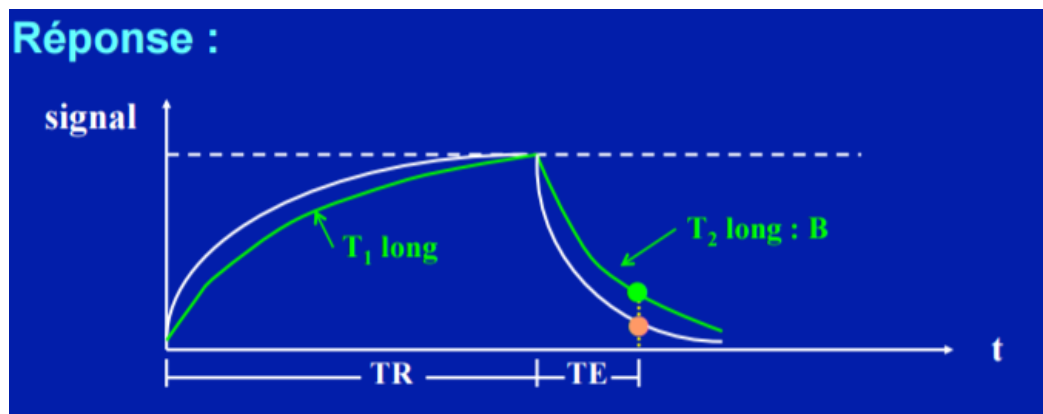
On s'intéresse au contraste entre deux tissus A et B, de même densité de noyaux d'hydrogène, et dont les temps de relaxation ont les valeurs suivantes :

- Tissu A : $T_1 = 450 \text{ ms}$, $T_2 = 50 \text{ ms}$
- Tissu B : $T_1 = 600 \text{ ms}$, $T_2 = 80 \text{ ms}$

2) Lequel des deux tissus apparaît en hypersignal ?

- Il faut savoir que dans la partie TR, c'est la courbe avec T_1 le plus court qui a un signal plus grand.
 - Dans la partie TE, la courbe avec T_2 le plus long aura un signal plus grand.
 - Lorsqu'on a une séquence pondérée en T2, on doit regarder les T2.
- Le tissu B a un T2 plus grand que le tissu A, donc, il sera en hypersignal.

Réponse : Tissu B



3) Mêmes questions avec une séquence de temps de répétition

$TR = 500 \text{ ms}$ et de temps d'écho $TE = 20 \text{ ms}$:

a) Quelle est la pondération de la séquence ?

Réponse : On a un TR court et un TE court donc on a une séquence pondérée en T1.

b) Lequel des deux tissus apparaît en hypersignal ?

Rappel :

Tissu A : $T_1 = 450 \text{ ms}$, $T_2 = 50 \text{ ms}$

Tissu B : $T_1 = 600 \text{ ms}$, $T_2 = 80 \text{ ms}$

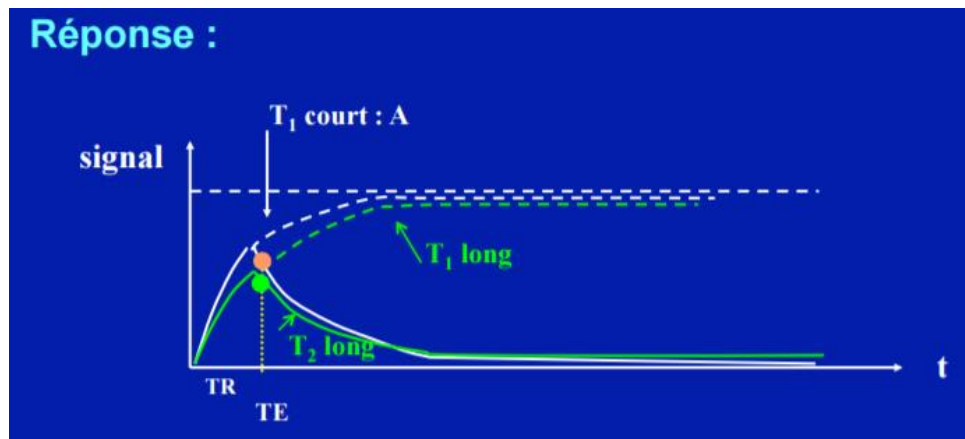
-Il faut savoir que dans la partie TR, c'est la courbe avec **T1 le plus court qui a un signal plus grand**.

-Dans la partie TE, la courbe avec T2 le plus long aura un signal plus grand.

-Lorsqu'on a une séquence pondérée en T1, on doit regarder les T1.

Ici, le tissu A a un plus petit T1, il sera donc en hypersignal pour une séquence en T1.

Réponse : Tissu A



IV) Médecine Nucléaire

A) Question rédactionnelle générale

Quelle grandeur physique est représentée en chaque pixel d'une image des techniques suivantes:

- 1) Scanographie
- 2) Échographie
- 3) Scintigraphie
- 4) Imagerie par Résonance Magnétique

Réponse :

Les renseignements cliniques que l'on peut obtenir à partir des différents types d'image dépendent fortement du principe physique de chacune des techniques et donc de la grandeur physique représentée.

En scanographie, l'image repose sur des différences d'opacité aux rayons X. La grandeur physique mesurée est le coefficient d'atténuation des rayons X lors de la traversée des tissus biologiques.

Pour l'échographie, c'est le coefficient de réflexion des ultrasons sur les différentes interfaces rencontrées qui intervient.

En scintigraphie, l'image est liée à la concentration d'un produit radioactif. La grandeur physique représentée est l'activité du produit radioactif dans les différents tissus.

En imagerie par résonance magnétique, la grandeur physique mesurée est l'aimantation des différents tissus. Cette aimantation est principalement caractérisée par les temps de relaxation T1 et T2 et la densité de noyaux d'hydrogène.

B) QCM

Parmi les propositions suivantes relatives à la dose efficace, indiquer la ou les propositions FAUSSES La dose efficace :

- A) est une grandeur de radioprotection
- B) est exprimée en Sievert
- C) traduit l'énergie absorbée par les tissus en prenant en compte la nature des tissus irradiés
- D) traduit l'énergie absorbée par les tissus en prenant en compte la nature du rayonnement
- E) traduit l'énergie absorbée par les tissus en prenant en compte le débit de dose

Réponse E, cf. cours la radioprotection qui n'a pas encore eu lieu.

V) Optique

A) QCM

Q1 : Un jeune patient a un œil présentant une amétropie sphérique. Son degré d'amétropie est de + 4 dioptries et son amplitude d'accommodation est de 6 dioptries

Indiquer la réponse exacte

L'œil présente :

- a) une hypermétropie
- b) une myopie
- c) un astigmatisme
- d) une presbytie
- e) une emmétropie

Réponse B exacte Le degré d'amétropie est positif donc il y a myopie. De plus, on parle d'amétropie sphérique.

Q2 : Les deux yeux d'un sujet sont identiques et ont une amplitude d'accommodation de 5 dioptries. Le punctum proximum (PP) de cet œil est situé à 25 cm en avant de la cornée.

Indiquer la proposition exacte

- A) Le sujet est presbyte
- B) La proximité du PP est égale à +4 dioptries
- C) La proximité du PP est égale à -0,25 dioptrie
- D) La proximité du PP est égale à -4 dioptries
- E) Aucune des propositions précédentes n'est exacte

La proposition A est fausse car A supérieur à 4 dioptries donc propositions B et C fausses et la proposition D est exacte car $P_{pp} = 1/p = 1/(-0,25) = -4$ dioptries

p est l'abscisse de du punctum proximum, qui est à 25 cm avant la cornée donc c'est négatif vu que c'est en avant.

Proposition exacte : D

Petite pause sudoku pour les plus courageux :

Difficulté: 1

	7	9		5		4		
3			1	7			8	6
8	6			3	9		7	5
1		6	3	2		8	9	
	9				8		6	2
4	2		6	9		7		
9	1	4	7		3			8
6	8		9	1		3	4	7
				4				9

		9		8	6	3		1
3	8				5		9	4
2	1			3	9		8	
		3		6	4			2
6		4	9	1		7	3	
7		1		5		4		9
1	6	5	8		3			7
	7	8	5		1		2	3
				9		8		5

2		7	9	4		1		
1		8	5	2	6		7	3
	3					5		2
		1		7			3	
7	6		8	3		2	4	
3		4	2		5	7		6
		9	1	6	2	3		
	1	3	4			6	2	
6	4		3				8	1

	2				1			
	1	6	5	7		2	3	4
7	4			2	6	8	1	
		8	2	5	7	4	9	
6		2		9		3	7	1
9	7		1					
4		3		1	5	7	8	2
2	7			3	4		5	
		1	7					3

8	7	6	3	4			1	
		9		7				4
5			1		9	6	7	3
	9	7		2	5		6	
6		1	9	3		4	5	2
4			6				3	
2				9		7	4	6
	6	4	7	5	3	2		
7	1			6		3		

	6	8	2				1	
3			9	7	8	5		4
7		4			1	8	9	
4	9	1		2	6			8
			1		5			9
8		5			3	6	2	1
		7		3	9	2	4	
5	2		8					6
6		3	5		2	9		7

Dédicace à Raphaëlle (ma voisine) et Nesrine que j'ai oublié dans la ronéo précédente.