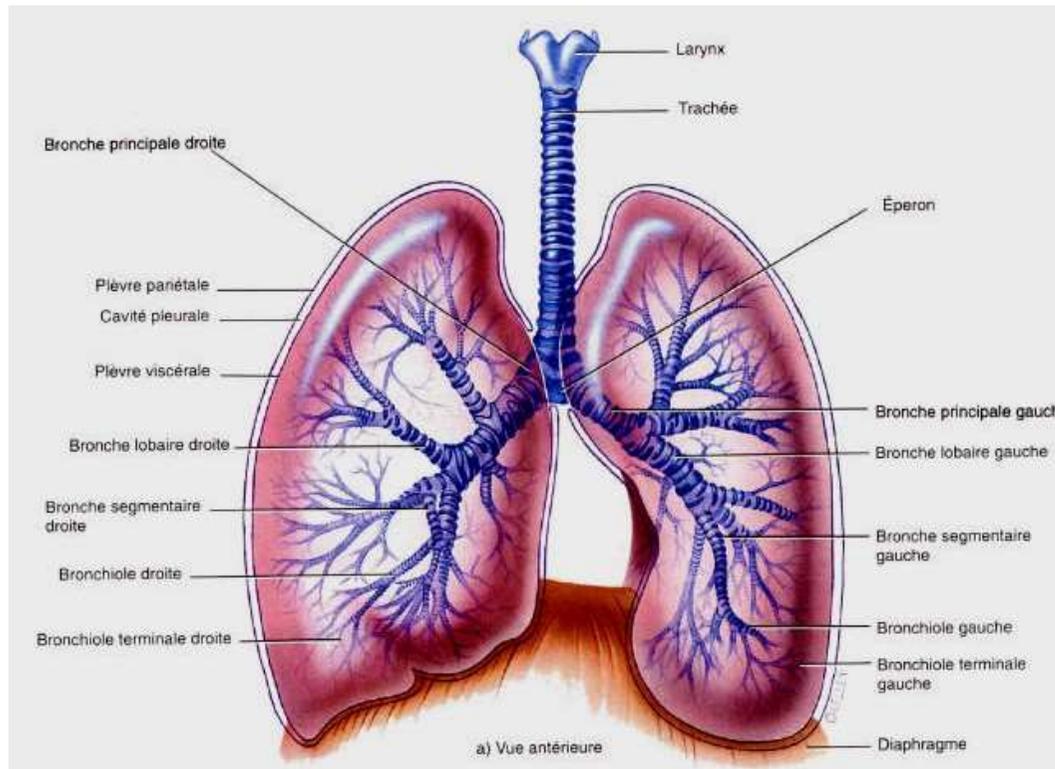


Respiration en natation
comme en plongée

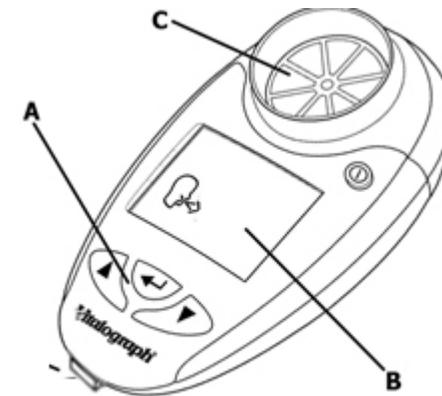
Quelques rappels anatomiques



- Puisque nous allons évaluer le Débit Expiratoire de Pointe avec un spiromètre , petits rappels sur les principales voies respiratoires : trachées, bronches, bronchioles .
- **La trachée** est une Canalisation qui **reste béante grâce à des anneaux cartilagineux** en Fer à cheval (16 à 20 anneaux). /// Les parois sont tapissées de mucus et de cils. Ces cils propulsent continuellement le mucus chargés de poussière et de débris en direction de la gorge. /// Le tabac inhibe le mouvement des cils et les détruits ☹ la toux est le seul moyen d'empêcher l'accumulation de mucus dans les poumons.
- **Les bronches** se ramifient selon un système appelé **arbre bronchique**. **Les ramifications partent** des 2 Bronches souches (**1.2 cm de diamètre**) vers les bronchioles –(allant en diamètre diminuant **jusqu'à 0.5mm de diamètre**) pour aboutir aux alvéole pulmonaires – Sont constituées d 'Anneaux cartilagineux recouvertes d'une tunique fibro-musculaire permettant une **Variation de diamètre** des bronchioles
- La mesure du Débit Expiratoire de Pointe avant et après effort repose sur les possibilités de dilatation de ces éléments anatomiques .

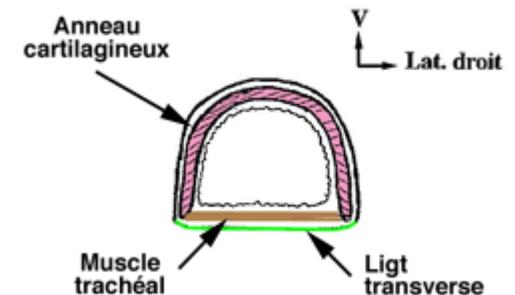
La spirométrie

- En soufflant dedans - de façon intense – et sur 3 secondes,
- cet appareil simple va nous permettre de mesurer 2 variables :
- Le DEBIT expiratoire de pointe (**DEP**) qui comme son nom l'indique relève de la mesure d'un débit d'air (comme pour un robinet et son débit d'eau) – ce sera le reflet de l'évolution de votre capacité à vous oxygéner et à vous décarboxyler - par **l'arc tracheo-bronchique** .
- Le VOLUME expiratoire Maximal sur la 1^{ère} seconde – (**VEMs**) - reflet de **votre état pulmonaire** au repos comme à l'effort -



Analyse du Débit Expiratoire de Pointe (DEP)

- Ce type d'analyse permet d'observer la ventilation par l'axe trachéo bronchique .
- Si l'on se réfère à l'anatomie de la trachée, voir schéma ci-contre – le débit respiratoire peut être augmenté par le jeu du muscle trachéal qui relie l'anneau cartilagineux (en fer à cheval) – (mais aussi par le jeu du diaphragme +++)
- L'intérêt de comparer le Débit Expiratoire de pointe après effort consiste à se poser la question **d'une meilleure ventilation avec l'entraînement**



	Capacité Pulmonaire Théorique	Capacité Vitale Forcée	DEP au repos 08-01	DEP au repos 12-03	DEP au repos 15-01	DEP au repos 19-02	DEP au repos 19-03	DEP au repos 21-03	Moyenne Dep repos
Emilie	6,11	3,97	3,9	2,86	3,9		3,03	3,57	3,45
Arthur Va	7,14	5,46	5	4,38	5		4,35!	4,8	3,84
Laurane	5,95	3,60	4,49	4,35	4,49	4,63	4,37		5,58

	DEP post effort 08-01	DEP post effort 12-03	DEP post effort 15-01	DEP post effort 19-02	DEP post effort 21-03	Moyenne Dep effort
Emilie	4,03	2,66	4,03	2,8	2,51	3,21
Arthur Va				5,11		5,11
Laurane	4,68	4,31	4,68	4,66	4,45	4,56

différence entre DEP	valeur du débit	
-0,25	mauvais	Emilie
1,27	très bon	Arthur Va
-1,03	mauvais	Laurane

Dilatation et Débit Expiratoire (inspiratoire) de Pointe

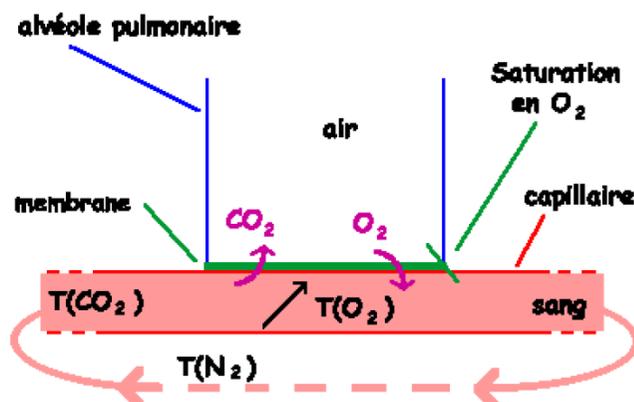
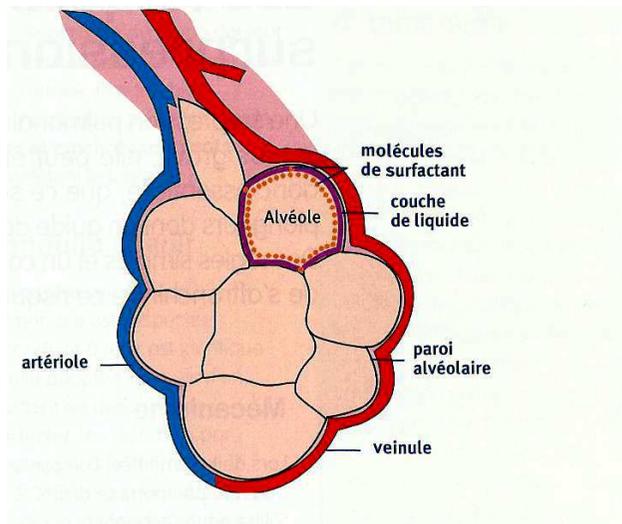
- La mesure du Débit Expiratoire de Pointe avant et après effort repose sur les possibilités de dilatation des éléments anatomiques trachée-bronches-bronchioles.
- Le tableau suivant réalisé sur un semestre d'entraînement nous donne quelques indications
- L'unité de ces données est le litre; gagner un ½ litre à chaque respiration c'est augmenter de 10% ($1/2l * 20\%$ d'O₂) son apport en Oxygène – chiffre somme toute encore théorique mais non négligeable

Moyenne Dep effort	différence entre DEP	valeur du débit	
3,16	-0,08	mauvais	Emilie
5,11	0,40	bon	Arthur Va
4,25	-0,13	mauvais	Laurane
6,34	0,41	bon	Sylvain
6,75	-0,58	non significatif	Damien
6,47	0,77	très bon	Philippe
6,96	1,04	très bon	Christophe
4,07	0,10	bon	Nathalie Ba
7,60	0,05	bon	Hugues
4,30	-0,54	mauvais	Nicole
5,31	-0,57	mauvais	Christian

Débit expiratoire de pointe (résumé)

Débit Expiratoire de Pointe DEP <i>(il s'agit d'un débit c'est-à-dire de la quantité d'air à expirer ou inspirer dans le temps et ici à l'effort)</i>	Différence entre DEP négative (-)	Mauvaise ventilation à l'effort, essoufflement survenant plus rapidement au foncier
	Pas de différence entre 2 DEP (=)	Ventilation stable
	Différence entre DEP positive (+)	Meilleure ventilation à l'effort, Bonnes facultés pour le foncier

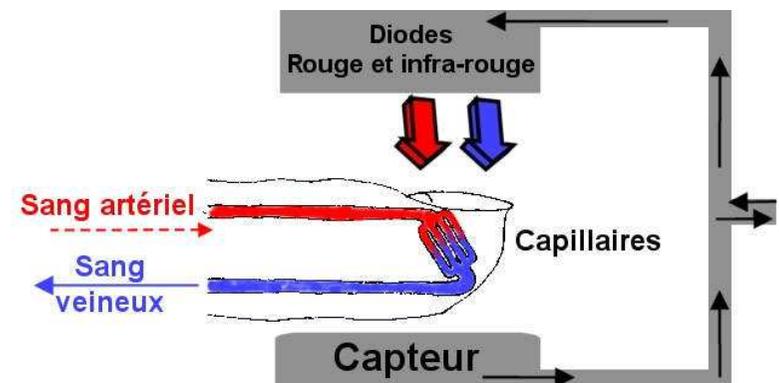
Les alvéoles pulmonaires – les échanges



- **Les alvéoles (unités fonctionnelles du poumon)** – il s'agit d'un Ensemble de minuscules sacs qui termine la ramification bronchique. Plus de 300 millions d'alvéoles pour une surface dépliée de $90m^2$ et de $120m^2$ en inspiration forcée.
- C'est l'Endroit où s'effectue les échanges gazeux grâce à une vascularisation très riche .
- Au niveau alvéolaire : Les gaz vont de la pression partielle la plus forte vers la pression partielle la plus faible par « diffusion » - **le brassage de "l'air résiduel" avec "l'air nouveau"** –se fait pour l' O_2 : 80% en 2 millièmes de seconde (**2/1000**) --
- Ainsi **entre l'alvéole et le capillaire, le transfert d'un gaz à travers une couche de tissus est proportionnel à sa surface**
- mais aussi à la différence de pression du gaz entre les 2 faces du tissu
- Et donc fonction de son épaisseur du tissu ... l'épaisseur de cette barrière est de $0,5\mu$
- Ainsi **l'équilibre en O_2** se fait en 3 dixième de seconde (**3/10 sec.**) Pour un temps de contact Air/Sang de 0,75 sec. /// Diffusion O_2 et CO_2 = 0,3 sec.

La saturation pulsée en oxygène

- Saturation pulsée en oxygène (SpO₂) –
- Que mesure-t-on? Tout simplement l'oxygène transporté par les globules rouges et la **différence entre sang oxygéné et sang carboxylé**, entre sang artériel et sang veineux au niveau des capillaires du doigt (attention ce n'est pas exactement le sang mais les globules rouges qui sont analysés)
- La méthode est liée à l'analyse par les lumières rouge et bleu. **Prière pour les filles de ne pas avoir de rouge à ongle dans ces couleurs ou dans le noir**



Les échanges gazeux – la saturation pulsée en O₂

- Le transport de l'O₂ dans le sang **sous forme dissoute** dans le sang est **en très petite quantité**.
- **L'O₂ se combine surtout à un transporteur, l'“Hémoglobine” substance située sur le globules rouge pour former l'oxyhémoglobine** (transport de 4 O₂ aux tissus **en moins d'une seconde**) – sur 200 ml d'oxygène contenus dans 1 l d'air : 3 ml d'O₂/L sang sont dissout par le plasma à **2% // 197 ml d'O₂/L sang se combinent à l'hémoglobine à 98% (en fait il y a 290 ml d'O₂ par litre d'air)**
- **Quantité d'O₂ fixée par l'hémoglobine (Hb)** : Lorsque les 4 sites de Hb sont occupés par de l'O₂ nous sommes à saturation complète de celle-ci. La capacité totale en O₂ de l'hémoglobine est de 200ml/L de sang ce qui apporte 1L d'O₂ (5l de sang) pour un homme de 70kg sur un cycle.
- D'Où l'intérêt de mesurer la saturation pulsée en Oxygène (**SpO₂**) avant et après effort

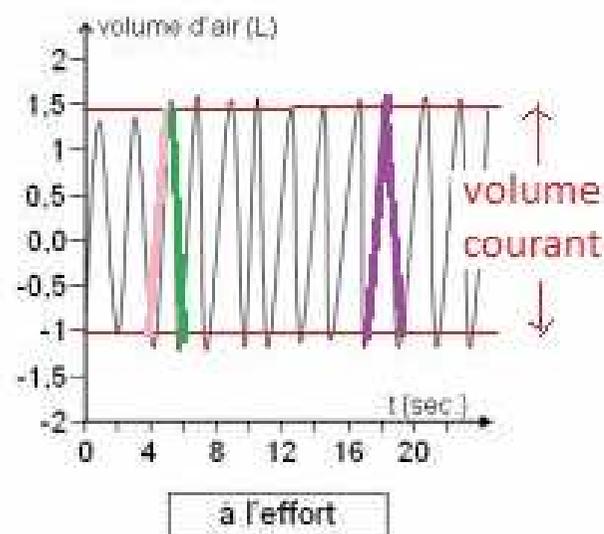
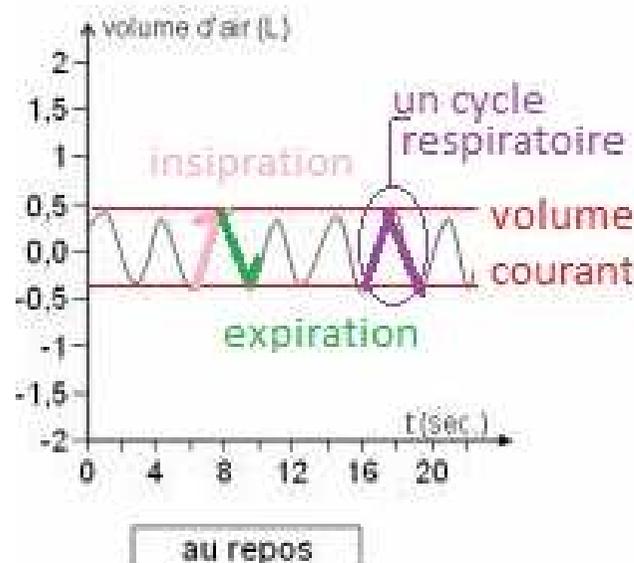
SpO2 ...

	12/03/2019		
SpO2	repos	effort	différence
Emilie	97	97	0
Arthur Va	98	99	1
Arthur Cz	98	98	0
Laurane	99	99	0
Sylvain	99	98	-1
Christophe	97	97	0
Nathalie Ba	98	94	-4
Hugues	97	94	-3
Christian	99	97	-2

- Le tableau ci contre est un relevé du 12/03/ 2019
- La saturation pulsée en O2 :
- Est égale chez les sportifs qui n'ont pas tout donné
- mais aussi pour ceux qui sont à saturation et savent l'entretenir à l'effort, loin de tout essoufflement ...
- Est augmentée lorsque cela est possible chez ceux qui sortent d'une période de repos pour entrer dans une période active
- Est diminuée notamment à l'effort – pour ceux qui donnent « beaucoup » et ceci pouvant aller jusqu'à un différentiel de -10 – cf ci-après -

Fréquence et amplitude pulmonaire

- Il est probable que la propension à capter l'oxygène puisse être influencée par la respiration adoptée. A l'effort maximal, **la fréquence respiratoire augmente au détriment de l'amplitude.**
- Les athlètes entraînés présentant une désaturation du sang en oxygène (différence négative de la SpO2 prise avant et après effort) – Ils auraient donc tout intérêt à **favoriser l'amplitude de leur respiration.** Du moins, ne risquent-ils rien à essayer.
- Vous avez remarqué ? Cette observation et sa remédiation sont **typique** de l'essoufflement en plongée.



Résumons : la saturation pulsée en O2

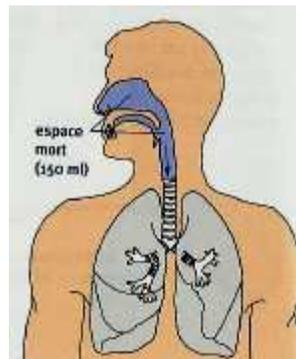
Saturation pulsée en oxygène – SpO2	Supérieure au repos / effort (repos > effort)	Effort avec <u>manque d'amplitude respiratoire</u> - sans essoufflement et jusqu'à 10% de différence en moins = <u>entraînement de haut niveau</u>
	Identique au repos et à l'effort (=)	Entraînement <u>insuffisant</u>
	Inférieure au repos / effort (repos < effort)	Au repos, manque d'amplitude respiratoire – <u>situation sédentaire en 1^{ère} intention</u> - l'exercice amène une meilleure ventilation.



La capacité ventilatoire



2,5L	3L	4,5L	6L
0,5L			
1,5L	3L	1,5L	
1,5L			
Volume de réserve inspiratoire	Capacité Inspiratoire	Capacité Vitale	Capacité Pulmonaire Totale
V. courant	Capacité résiduelle fonctionnelle	Volume résiduel	
V. de réserve exp.			
Volume résiduel			



Les volumes respiratoires

- En surface un adulte inspire ou expire 0.5l d'air = on appelle cela **volume courant(VC)** – à une fréquence (Fr) au repos de 15 à 20 mouvements par minute – ce qui donne un débit de 7.5 à 10 l par minutes –
- En ventilation forcée (exercice) nous pouvons mobiliser - en surface – : 2l de volume de **réserve inspiratoire (VRI)** et 1.5l de volume **de réserve expiratoire (VRE)**
- La somme de ces 2 volumes est dite **capacité vitale (3.5l chez la femme et plutôt 4.5 l chez l'homme))** – CV
- Il reste un **volume résiduel (VR)** d'air dans les poumons sur lequel nous ne pouvons agir soit environ 150 ml chez l'adulte - ce qui signifie que sur 500ml inspiré, 350 ml seulement doivent participer aux échanges respiratoires – sachant que c'est cet espace mort qui le premier intervient ...

- **La CPT ou Capacité Pulmonaire Théorique** est une valeur théorique qui se calcule. C'est le **Volume gazeux présent** dans le poumon à la fin d'une inspiration complète. La CPT varie avec le sexe et la taille (H en m.) de chaque sportif

$$\text{Homme} = (7,992 \times H) - 7,081$$

$$\text{Femme} = (6,602 \times H) - 5,791$$

- **La CVF ou Capacité Vitale Forcée** représente le Volume gazeux mobilisé entre les positions d'inspiration complète et d'expiration complète. Valeur théorique, elle est fonction du sexe, de l'âge (A) et de la taille (H) du sportif :

$$\text{Homme} = (5,757 \times H) - (0,026 \times A) - 4,345$$

$$\text{Femme} = (4,426 \times H) - (0,026 \times A) - 2,887$$

- Dans le tableau ci-dessus on s'aperçoit qu'à 70 ans on a perdu aux alentours de 25% de sa CVF ... De même , en fonction de la taille, pour 20 cm d'écart de taille, la CPT gagne plus de 2,5l ... Chez la femme , ces variations sont également importantes et sur une autre échelle !
- **D'où l'importance de ne considérer les valeurs volumétriques qu'au niveau individuel ...**

taille Homme	CPT	taille Homme	20 ans CVF	30 ans CVF	40 ans CVF	50 ans CVF	60 ans CVF	70 ans CVF	à 70 ans la CVF n'est plus que de
1,7	6,51	1,7	4,92	4,66	4,40	4,14	3,88	3,62	0,74
1,8	7,30	1,8	5,50	5,24	4,98	4,72	4,46	4,20	0,76
1,9	8,10	1,9	6,07	5,81	5,55	5,29	5,03	4,77	0,79

VEM/s

Le petit spiromètre que nous utilisons va permettre de mesurer aussi
le **V**olume **E**xpiratoire **M**aximal sur une seconde

Pour simplifier nous allons mesurer une partie , la plus grande, de la **capacité pulmonaire**

Et ce avant et après effort

Volume Expiratoire Maximal sur la 1^{ère} seconde

	différence entre VEMs en litres	80% CVF	VEMs effort moins 80% CVF	développe à l'usage sa capacité pulmonaire
Emilie	-0,01	3,18	-0,46	non
Arthur Va	-0,97	4,37	-1,10	non
Arthur Cz	0,13	3,98	0,14	égal
Laurane	-0,40	2,88	-0,44	non
Damien	-1,74	3,99	-1,00	non
Philippe	2,13	3,56	1,06	oui
Christophe	0,11	3,25	0,41	oui
Philippe	2,13	3,56	1,06	oui
Christophe	0,11	3,25	0,41	oui
Nathalie Ba	0,50	2,59	0,74	oui
Hugues	-0,35	3,17	0,75	oui
Nicole	-0,05	1,97	0,35	égal
Christian	0,05	3,25	0,08	égal

- En travaillant sur le VEMs (Volume Expiratoire Max sur la 1^{ère} seconde) – et en le comparant à la **Capacité Vitale Forcée** (calcul théorique) – à 80% de celle-ci peut tenir compte du Volume Résiduel non utilisable
- Il est possible de surveiller le léger développement à l'effort des volumes « alvéolaires utilisés » --- ou plus exactement l'utilisation de son Volume de Réserve (même si nous notons que nous quantifions l'expiration)
- Le tableau ci contre réalisé lors du 1^e semestre 2019 montre un développement extemporané conséquent pour certains (jusqu'à 1.06l pour Philippe)
- Pour rappel, en théorie la surface exploitée des alvéoles pulmonaires peut passer de 90m² à 120 m² à l'effort. ...

Analyse du Volume Expiratoire Maximal (VEMs)

15/01/2019	CPT litres	CVF litres		VEMs au repos	VEMs après effort	rapport entre VEMs à l'effort et VEMs au repos	rapport entre VEMs à l'effort et 80% de la CVF
Arthur Va	7,14	5,46		5,15	3,27	0,63	0,75
Arthur Cz	6,51	4,97		3,95	4,07	1,03	1,02
Laurane	4,97	3,60		2,70	2,80	1,04	0,97
Philippe	6,75	4,44		3,15	3,32	1,05	0,93
Hugues	6,51	3,96		3,42	4,00	1,17	1,26
Nicole	4,51	2,46		2,71	2,23	0,82	1,13

Dans cet exemple , on s'aperçoit :

- Qu'Arthur Va et Nicole ont un rapport entre VEMs à l'effort et VEMs au repos **très nettement <1** ce qui signifie que si le rythme respiratoire a sérieusement augmenté, ils n'arrivent pas à expirer convenablement et donc, ces 2 sportifs **vont s'essouffler rapidement sur une épreuve au foncier**
- *Si cette observation se confirme* au fil de l'eau, ceux qui ont un rapport entre VEMs (volume expiratoire maximal) à l'effort et VEMs au repos inférieur ou égal à 1 sont plus sur le "sprint" que sur le "foncier" - ce qui sur le Trial est révélateur d'une stratégie à revoir –
- Que ceux qui ont un rapport entre VEMs (volume expiratoire maximal) à l'effort et 80% de la CVF (capacité ventilatoire forcée – on retire 20% pour tenir compte de l'air résiduel ...) **supérieure à 1 savent dès lors que des progrès ventilatoires sont en cours sur le "foncier".**

VEMS au repos	CPT	CVF	08-01	12-03	15-01	19-02	19-03	21-03	02-04	26-03	04-04	09-04	16-04	Moyenne En L
Emilie	6,11	3,97	2,94	2,76	2,84	2,89	2,93	2,58					2,11	2,72
Arthur Va	7,14	5,46	5,15	3,98	3,67		4,16	4,26						4,24
Arthur Cz	6,51	4,97	3,95	4						4				3,98
Laurane	5,95	3,60	2,7	2,65	2,74	2,56	2,65			2,57	2,6	4,45	2,64	2,84
Damien	7,14	4,99			4,9	4,68						4,6		4,73
Philippe	6,75	4,44	3,15				2,06		2,27					2,49
Christophe	6,51	4,06		3,51		3,68		3,47						3,55
Nathalie Ba	6,51	3,23	2,85	2,83			1,91	2,88	2,98		3,34	3,02		2,83
Hugues	6,51	3,96	3,42	3,92	4,06	4,15		4,25		3		3,98	3,11	4,27
Nicole	5,39	2,46	2,71	1,97	2,71	2,18				2,1	2,03		2,89	2,37
Christian	6,83	4,06		3,28		3,37	3,54		3,21	2,82	3,45			3,28

VEMS post effort	08-01	12-03	15-01	19-02	21-03	02-04	26-03	04-04	09-04	16-04	moyenne En L
Emilie	2,95	2,45	2,88		2,27	2,88	2,67			2,91	2,72
Arthur Va	3,27										3,27
Arthur Cz	4,07						4,16				4,12
Laurane	2,8	2,71	2,71		2,79		2,65	2,74	2,76	2,76	2,44
Damien			4,37						4,6		2,99
Philippe	3,32		7,61				2,93				4,62
Christophe		3,75			3,57						3,66
Nathalie Ba		4,32				3,07		2,94	2,97		3,33
Hugues	4	3,78	4,15						3,76		3,92
Nicole	2,23		2,25	2,18			2,16	2,19		2,91	2,32
Christian			3,53			3,32	3,32	3,13			3,33

	différence entre VEMS en litres	80% CVF	VEMS post effort moins 80% CVF	Développe à l'usage sa capacité pulmonaire
Emilie	-0,01	3,18	-0,46	non
Arthur Va	-0,97	4,37	-1,10	non
Arthur Cz	0,13	3,98	0,14	égal
Laurane	-0,40	2,88	-0,44	non
Damien	-1,74	3,99	-1,00	non
Philippe	2,13	3,56	1,06	oui
Christophe	0,11	3,25	0,41	oui
Nathalie Ba	0,50	2,59	0,74	oui
Hugues	-0,35	3,17	0,75	oui
Nicole	-0,05	1,97	0,35	égal
Christian	0,05	3,25	0,08	égal

Ainsi en calculant le VEMs moyen au repos puis à l'effort

et en le comparant à 80% de la CVF(capacité ventilatoire forcée),

nos statistiques nous montrent que le développement de la capacité ventilatoire est loin d'être acquis pour tout le monde.

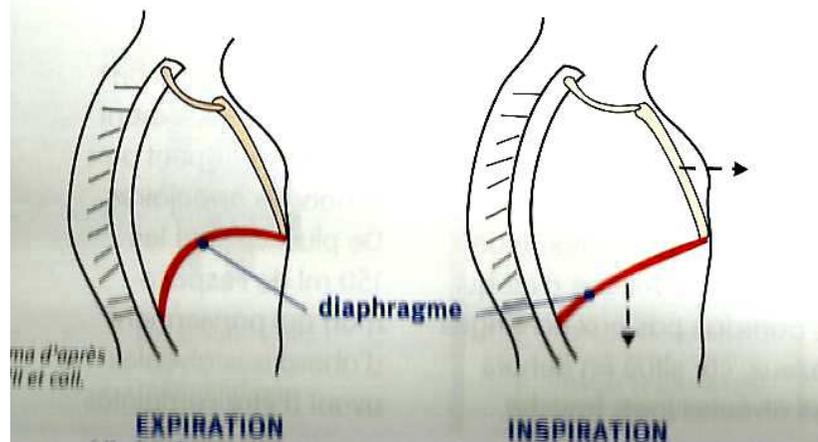
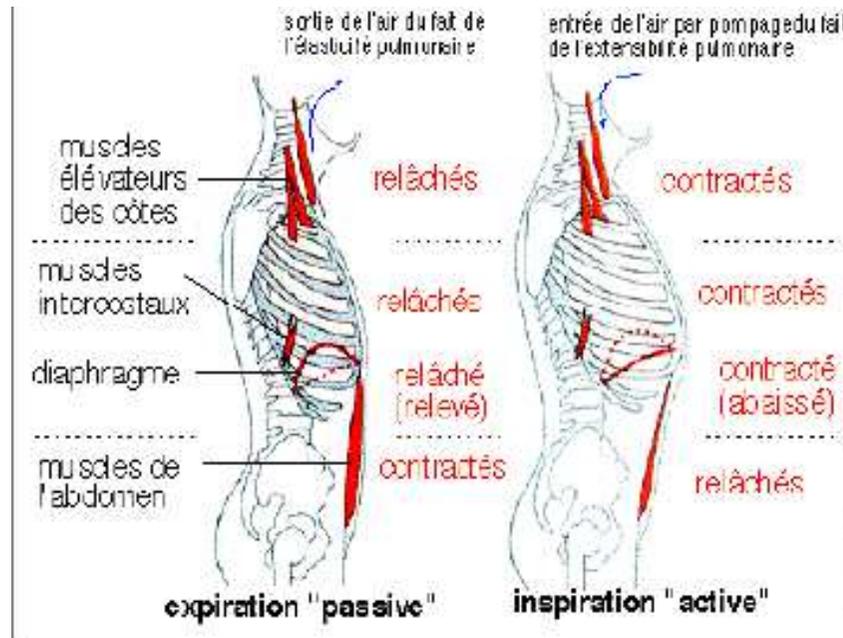
Pour autant Philippe, Nathalie et Hugues **semblent développer des capacités respiratoires** intéressantes (minimum 3/4l en sus) – leur permettant des performances au foncier !

Résumons sur le VEMs

Volume Expiratoire Max à la 1^{ère} seconde ou VEMs <i>(il s'agit d'une capacité Ventilatoire, exprimée en volume d'air)</i>	Différence entre VEMs négative (-)	Insuffisance de gain respiratoire à l'exercice Ou existence d'un frein
	Pas de différence entre 2 VEMs (=)	Pas de gain
	Différence entre 2 VEMs positive (+)	Gain respiratoire à l'exercice
Rapport entre le VEMs à l'effort et la Capacité Ventilatoire Forcée (à 80%)	Différence négative (-)	Ne développe pas à l'usage sa capacité respiratoire
	Pas de différence (=)	Stable : ne développe pas à l'usage sa capacité respiratoire
	Différence positive (+)	Développe à l'usage sa capacité respiratoire

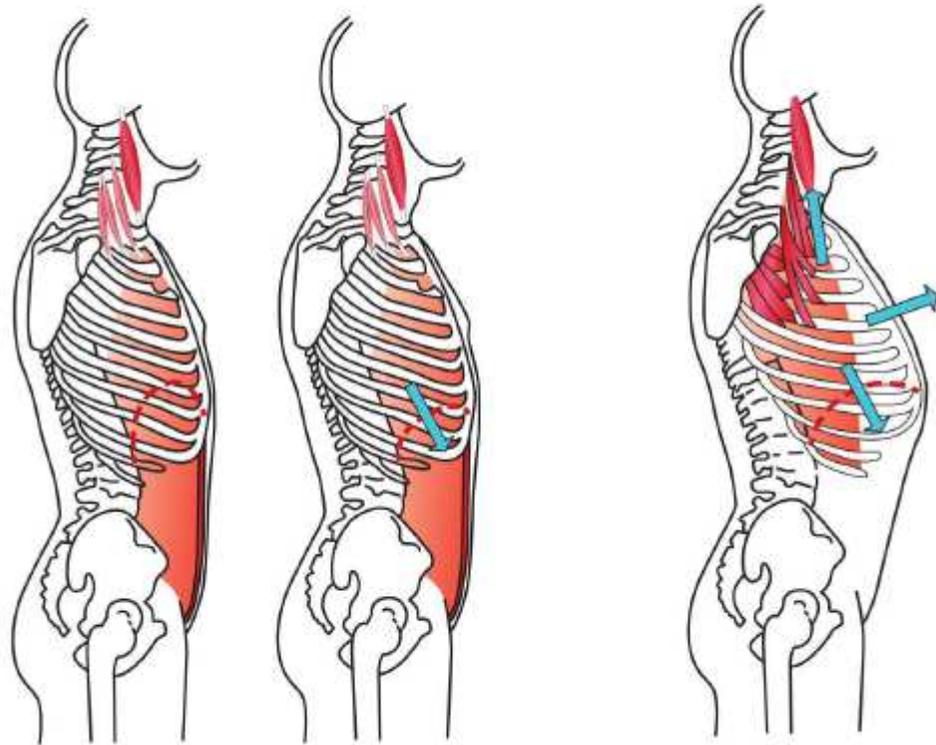
**Respiration pratique
sur la partie « natation » de la PSP**

La respiration : sa musculature



- 2 cas de figures se présentent : la respiration en natation et la respiration en plongée ...
- À l'air libre : l'**INSPIRATION** en surface est un phénomène **actif** = 1/3 temps du cycle respiratoire --- quant l'**EXPIRATION** en surface est un phénomène **passif** = 2/3 temps du cycle
- Sur le plan anatomique, **Le diaphragme est le muscle principal de la ventilation ...** Tel la membrane d'un soufflet il s'abaisse (il est tiré vers le bas) provoquant l'inspiration – alors que **les muscles releveurs des côtes et les muscles intercostaux externes relèvent les côtes pour augmenter le volume thoracique** – Tout ceci donne l'**INSPIRATION, celle-ci étant une phase ACTIVE** //// A l'inverse, à l'expiration, **le diaphragme se relâche (il est tiré vers le haut) et le volume thoracique diminue** par relâchement des muscles intercostaux internes – ceci étant, en surface cette activité est dite **PASSIVE** /// l'expiration devient **ACTIVE** par compression du ventre, donc des muscles abdominaux, et contraction des muscles intercostaux internes

La mécanique ventilatoire



repos

inspiration VC

inspiration VRI

Dans l'eau l'expiration est active



- Contrairement à l'air libre où elle est passive
- Active en natation comme en plongée
- D'où la contraction des abdo. , le relâchement des muscles thoraciques , l'abaissement du diaphragme ...
- Les combinaisons qui compriment pour mieux « gagner » sont à risques puisqu'elles compriment la respiration ventrale ... et qu'une mauvaise expiration favorise l'essoufflement

Inspiration à la natation sans tuba



- En compétition , il est usuel de dire que l'on inspire , la tête tournée sur le côté (respiration latérale)
- Et plus exactement lorsque seule la moitié du masque est hors de l'eau
- Attention ceci n'est possible que pour les plus entraînés !!!

La respiration ½ latérale ...



À partir d'une certaine vitesse de natation il est possible de **suivre l'indication du ½ masque**

Parce que **la vitesse génère une vague**

Qui se creuse au niveau du front

Comme la vague à la proue d'un navire en mouvement

Et c'est dans ce creux que l'on peut inspirer ...

Dissociation bucco-nasale



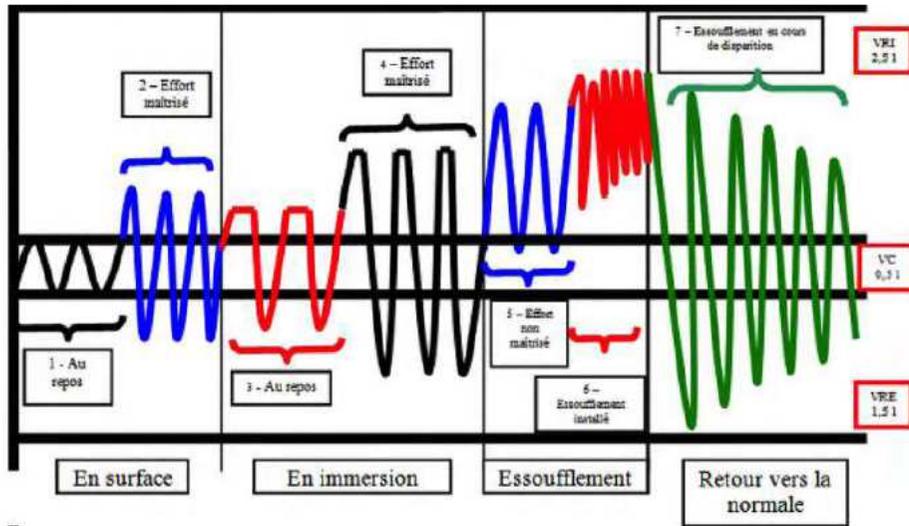
- Barbarisme pour vous demander **d'inspirer par la bouche** --- et **d'expirer par le nez**
- Que ce soit pour une nage avec ou sans tuba
- Notez que l'image ci-contre vous impose cette expiration par le nez , même avec un masque
- Attention l'abus d'alcool est nuisible pour la santé !

La natation avec tuba ...



- J'aurai tendance à la conseiller ... mais non à l'imposer
- Parce qu'elle oblige le pspeur à rester droit dans son tunnel
- La tête dans le prolongement du corps , pour un meilleur hydrodynamisme
- Le regard vers le fond de sa ligne ... (fig 2)
- Et la dissociation bucco-nasale fait le reste
- Pour rappel le tuba frontal de ces illustrations est interdit à la PSP sou peine de disqualification !

Rythmer sa respiration en surface comme en plongée



- Maîtriser son rythme respiratoire va permettre de résister à l'essoufflement
- Sur ce schéma ci-contre, l'essoufflement est en rouge, le rythme est accéléré et incontrôlé
- S'entraîner à rythmer sa respiration ,
- 1 cycle par cycle de mouvements (au crawl) avec sortie de la tête du même côté ...
- 1 cycle par 1.5 cycle de mouvements (au crawl) avec sortie de la tête en alternant droite et gauche (côté bras en phase de propulsion (AR) – cf photo ci-contre -
- 1 cycle par cycle de brasse coulée (officiel)
- 1 cycle pour 2 cycles de brasse coulée
- En plongée – 1 inspiration pour 2 coups de palmes – 1 expiration pour autant - espacées d'un arrêt ventilatoire pour 1 à 2 coups de palmes (au choix - mais régulier)



C'est capital

L'apnée

Nous avons 2 types d'apnées :

- la statique , qui ne nous intéresse qu'à l'entraînement - et qui est par elle-même en soi un entraînement à l'apnée dynamique ...
- et la dynamique , que nous pratiquons sur certaines épreuves (trial , mais aussi octopus monobloc ...) et qui sera aussi pratiquée à travers l'entraînement aux épreuves ...

Facteurs de performance en apnée statique

Les facteurs mécaniques favorisent les volumes pulmonaires. Partir avec beaucoup d'air (donc d'oxygène) est important. (Le VEMs est encore là une indication)

- Les exercices de renforcement musculaire des muscles inspiratoires et expiratoires contribuent en partie à l'augmentation de votre capacité pulmonaire. (natation en endurance)
- Les exercices de souplesse de la cage thoracique. Vouloir tirer sur sa cage thoracique nécessite aussi un entraînement : La nage de longue distance à allure modérée et pour nous avec palmes, et surtout avec tuba fait travailler les muscles thoraciques, mais il n'y a pas que cela.
- L'utilisation du tuba renforce les résistances inspiratoires et augmente le travail thoracique.!

Apnée statique (suite)

- Les études montrent qu'une pratique intensive de l'apnée induit des adaptations favorables à l'apnée -
- Mais la durée de l'entraînement nécessaire pour les induire est mal connue : 3 mois sont apparemment nécessaires pour une habitude à l'hypercapnie / l'hypoxie – pour notre part , nous réservons systématiquement la fin de la séance du jeudi par des exercices d'apnées statiques
- 2 types d'apnées statiques sont utilisées pour favoriser les adaptations chimiques de l'organisme :
 - **les apnées à 50%** voire 60% du max avec courtes récupérations pour la **tolérance à l'hypercapnie**. (à l'entraînement , commencer par ces apnées à 50%)
 - **les longues apnées** avec récupération importantes pour améliorer sa **tolérance à l'hypoxie** – à titre indicatif chez JP, hyper entraîné à l'apnée, sa Saturation pulsée en Oxygène après 5 minutes d'apnée était à 48 ! Quant au Grand Bleu (jacques Maillol) sa SpO2 était à 56 après 4 minutes d'apnée ... Mais que d'entraînement pour en arriver là !!!

Psycho ?

Ne pas oublier de travailler sur les facteurs psychologiques .

- La capacité à faire le vide (à la limite de l'hypnose) se travaille toute la vie.
- La résistance au stress est différente. Elle correspond à la capacité à ne pas être déstabilisé par un événement extérieur pendant votre apnée.

- Le travail respiratoire à l'entraînement est – en conclusion – fondamental
- Il passe par un entraînement dynamique ,
- par la dilatation des voies respiratoires ,
- comme par l'ouverture pulmonaire à la respiration
- Mais aussi par une rythmique !
- L'entraînement à l'apnée est également fondamental ... pour résister à l'hypercapnie d'exercice ...