



L'apnée, un sport qui peut être
au service des autres...

Les performances en apnée

Hommes & mammifères marins	Durée	Profondeur maximale	
Herbert Nitsch	4 min 20s	214m	
Stéphane Mifsud	11 min 35s	Surface	
Dauphin Commun	8 min	- 280 m	
Rorqual Commun	10 à 15 min	- 300 m	
Phoque de Weddel	1 h 22 min	- 700 m	
Eléphant de mer septentrional	1 h 20 min	- 1580 m	
Grand Cachalot	+ de 2 h	- 2500 m	

Nos proches : Les mammifères marins



- Cage thoracique souple, diaphragme puissant,
- Volume de sang important-Taux d'hémoglobine et de myoglobine (protéine stockant l'O₂ dans les tissus musculaires) élevé
- Peu de déperditions énergétiques
- Cet animal est capable de renouveler, après une apnée, 80 à 90 % d'air par respiration, alors que l'homme n'en renouvelle que 10 à 15 %

Nos proches : Les mammifères marins



- Cage thoracique souple, diaphragme puissant,
- Volume de sang important-Taux d'hémoglobine et de myoglobine (protéine stockant l'O₂ dans les tissus musculaires) élevé
- Peu de déperditions énergétiques
- Cet animal est capable de renouveler, après une apnée, 80 à 90 % d'air par respiration, alors que l'homme n'en renouvelle que 10 à 15 %



Volume poumon: 350mL !!

- Le phoque présente une bradycardie plus marquée que chez l'homme (120bpm contre 4 en apnée)
- Son sang est constitué de 60 % d'hémoglobine contre 35 à 40 % chez l'être humain.
- Le phoque peut stocker jusqu'à 25, 9 L d' O₂ alors que l'homme n'en stocke que 1, 95 L.
- Le sang représente 7 % de la masse totale de l'homme. Le sang représente 14 % de la masse du phoque. –
- La répartition de l'oxygène chez l'homme est de: 36 % dans les poumons, 51 % sang et de 13 % muscles.

Chez le phoque: 5 % poumons, 70 % sang et de 25 % muscles
(Zapol, 1987)

Discipline	Sexe	Perf	Détenteur	Compétition	Date
Statique	Masculin	7' 44''	V. Mathieu	Monde CMAS Mulhouse	2015
	Féminin	6' 38	S. Jacquin	Guadeloupe	2011
Dynamique	Masculin	294	A. Duvivier	Monde CMAS Mulhouse	2015
	Féminin	200,0m	G. Raymond	Monde CMAS Tenerife	2011
Dynamique sans palme	Masculin	200,0m	A. Guerin	Monde CMAS Kazan	2013
	Féminin	130m	S. Jacquin	Montluçon	2011



16x50m : 10'41''
Kevin Provenzani
Monde CMAS Mulhouse 2015
Vanessa Perret :
Monde CMAS Mulhouse 2015



Un organisme évolue en fonction de ce qu'on lui fait subir: on s'adapte à l'apnée



Un organisme évolue en fonction de ce qu' on lui fait subir: on s' adapte à l' apnée

Que se passe t-il lorsqu' on s' entraine à la pratique de l' apnée et qui est intéressant pour les autres sports ?

Un organisme évolue en fonction de ce qu'on lui fait subir: on s'adapte à l'apnée

Que se passe-t-il lorsqu'on s'entraîne à la pratique de l'apnée et qui est intéressant pour les autres sports ?

- A durée équivalente: hypercapnie et hypoxie minorées
- perfusion cérébrale, bradicardie et vasoconstriction périphérique améliorées
- stress oxydatif et hyperlactémie limités (meilleure résistance à la fatigue)

Des types d'efforts différents

- STA: pas de charge physique, durée importante
- DYN/DNF: effort modéré, durée moyenne
- 16x50m: effort violent, durée courte, récupération faible

Des types d'efforts différents

- STA: pas de charge physique, durée importante
- DYN/DNF: effort modéré, durée moyenne
- 16x50m: effort violent, durée courte, récupération faible

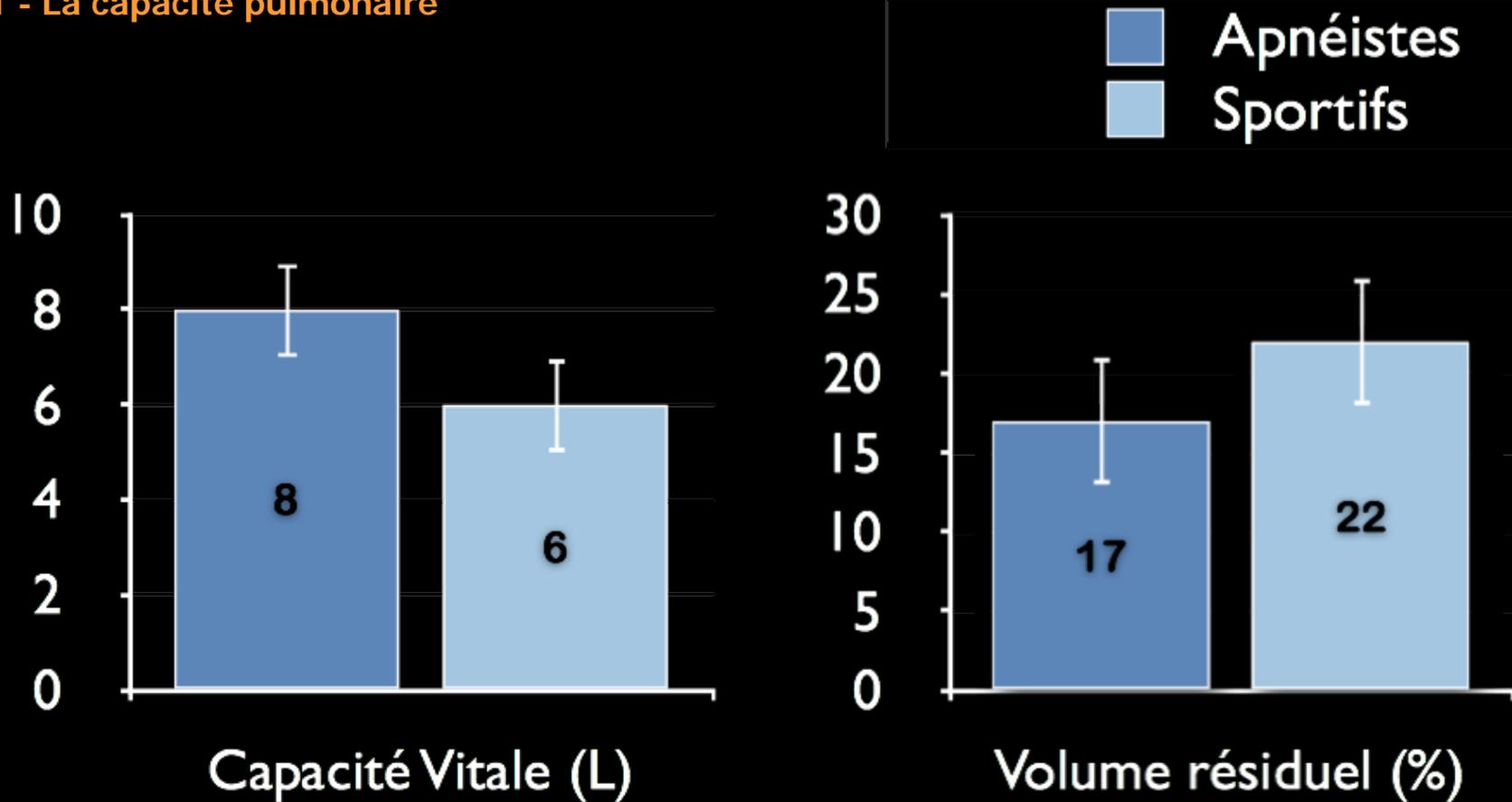
Des conséquences physiologiques différentes

Deux gazs sont prépondérants dans l'organisme : le CO₂ provoque l'envie de respirer, et l'O₂ nécessaire à la vie...

En apnée, leurs évolutions sont opposées, le CO₂ est produit et augmente en fonction du temps alors que l'O₂ est consommé

Comment le corps répond t-il à une pratique à haut niveau de l'apnée ?

1 - La capacité pulmonaire



Extrait du livre: *L'apnée de la théorie à la pratique* – F. Lemaitre – Publications des Universités de Rouen et du Havre

2 - Le sang

L'apnée peut se décomposer en deux phases: **phase de bien être** et **phase de lutte**

L'entraînement physique permet d'allonger la phase de bien-être alors que la durée de la phase de lutte sera améliorée par un travail sur la volonté et le relachement (sophro ?)

Les deux gaz prépondérants lors d'un exercice d'apnée sont le **CO₂** et l'**O₂**

2 - Le sang

L'apnée peut se décomposer en deux phases: **phase de bien être et phase de lutte**

L'entraînement physique permet d'allonger la phase de bien-être alors que la durée de la phase de lutte sera améliorée par un travail sur la volonté et le relâchement (sophro ?)

Les deux gaz prépondérants lors d'un exercice d'apnée sont le **CO₂** et l'**O₂**

- Hypercapnie (Taux de CO₂ dans le sang élevé)

Dès que le taux de CO₂ augmente, la ventilation augmente également or chez les apnéistes, la sensibilité est moindre par rapport à d'autres sportifs de haut niveau

- Hypoxie

La baisse de $P_A O_2$ est moins marquée chez un apnéiste entraîné que chez un non apnéiste pour une durée équivalente.

- Radicaux libres

Ils sont produits par le stress oxydatif et les apnéistes développent une protection contre le stress en 3 mois d'entraînement.

- Lactatémie

= acidose métabolique due aux déchets du travail des cellules en condition hypoxyque.

La production de lactates est moins importante chez les apnéistes

316

Fabrice JOULIA et Frédéric LEMAITRE

apnéiste que chez un non-apnéiste pour une durée d'apnée équivalente (figure n° 7). Le cœur et les muscles striés squelettiques consomment donc moins d'oxygène pendant une apnée chez un sujet expert.

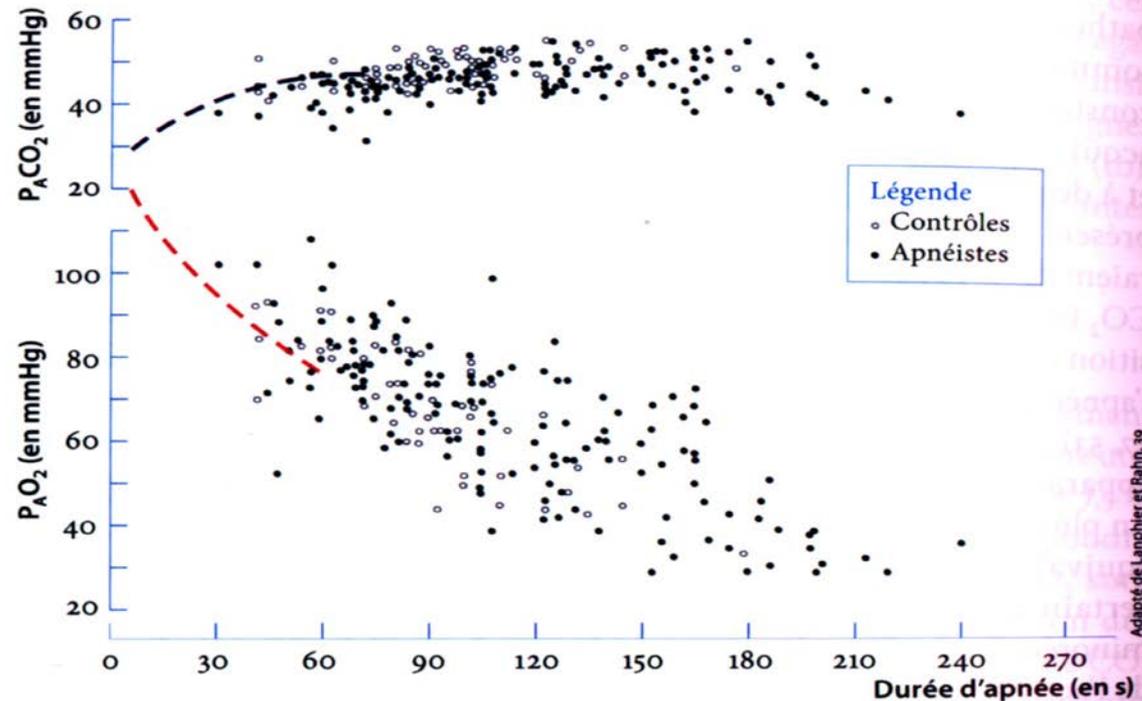
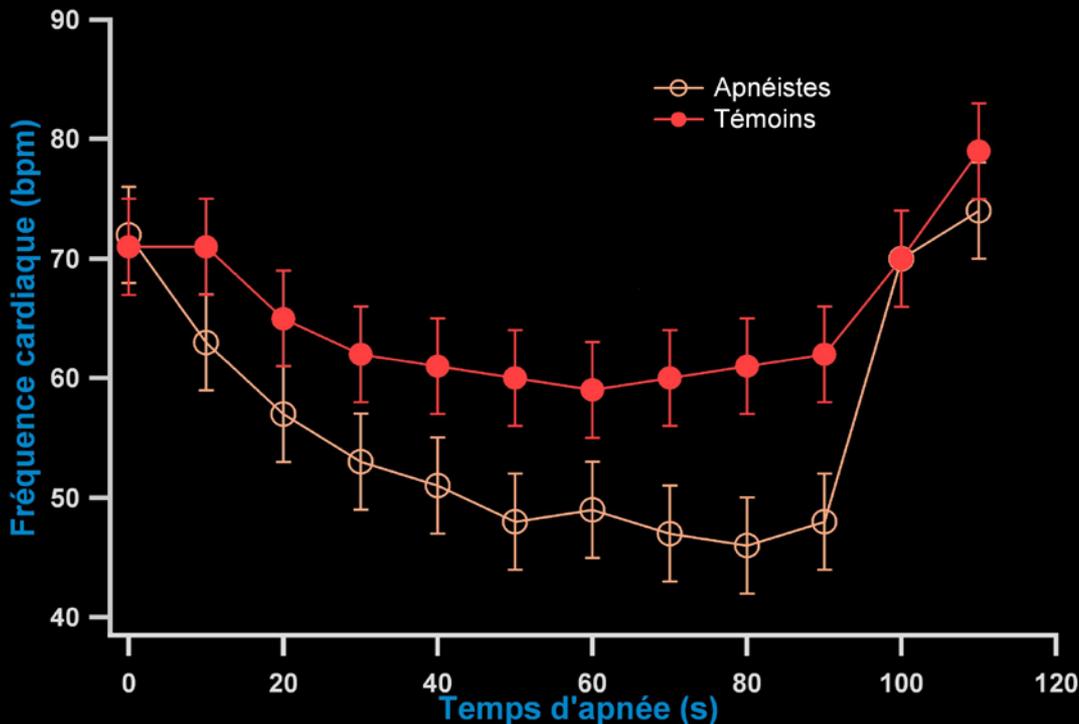


Figure n° 7. – Évolution des $P_A O_2$ et $P_A CO_2$ chez des apnéistes et des non-apnéistes en fonction de la durée de maintien de l'apnée.

3 – Appareil cardiocirculatoire

L'arrêt ventilatoire modifie de manière réflexe les fonctionnements du cœur et du système circulatoire (diving reflex)

- bradycardie



- Mise en place plus rapide

- Vasoconstriction périphérique et circulation cérébrale

Diminution de la perfusion des muscles squelettiques (gros consommateur d'O₂)

Pour le débit cérébral (mécanisme de protection du cerveau) le débit augmente plus dans le cas d'apnéistes

D'après L'apnée de la théorie à la pratique – F. Lemaitre – Publications des Universités de Rouen et du Havre

Apnée = bonne préparation physique pour les autres sports ?



Amélioration de la performance





Les filières énergétiques



L'énergie de l'organisme provient de la dégradation des éléments et des réserves énergétiques

Il existe plusieurs filières:

- **Filière anaérobie alactique**: mise à disposition immédiate (inf à 10s) en ayant recours aux réserves d'ATP et de Phospho Créatine (PCr)



L'énergie de l'organisme provient de la dégradation des éléments et des réserves énergétiques

Il existe plusieurs filières:

- **Filière anaérobie alactique**: mise à disposition immédiate (inf à 10s) en ayant recours aux réserves d'ATP et de Phospho Créatine (PCr)
- **Filière anaérobie lactique**: mise à disposition rapide (entre 30s et 2 minutes) dégradation du glycogène sans avoir recours à l'O₂

Conduit à la formation de lactates et la lactatémie est un facteur du point de rupture de l'apnée.

L'énergie de l'organisme provient de la dégradation des éléments et des réserves énergétiques

Il existe plusieurs filières:

- **Filière anaérobie alactique**: mise à disposition immédiate (inf à 10s) en ayant recours aux réserves d'ATP et de Phospho Créatine (PCr)
- **Filière anaérobie lactique**: mise à disposition rapide (entre 30s et 2 minutes) dégradation du glycogène sans avoir recours à l'O₂

Conduit à la formation de lactates et la lactatémie est un facteur du point de rupture de l'apnée.

- **Filière aérobie**: mise à disposition lente (supérieure à 2 minutes) dégradation des glucides et lipides en présence d'oxygène

permet la reconstitution des stocks d'ATP, ne produit pas de déchet (à part CO₂ et de l'eau), on l'estime communément par VO₂max

L'énergie de l'organisme provient de la dégradation des éléments et des réserves énergétiques

Il existe plusieurs filières:

- **Filière anaérobie alactique**: mise à disposition immédiate (inf à 10s) en ayant recours aux réserves d'ATP et de Phospho Créatine (PCr)
- **Filière anaérobie lactique**: mise à disposition rapide (entre 30s et 2 minutes) dégradation du glycogène sans avoir recours à l'O₂

Conduit à la formation de lactates et la lactatémie est un facteur du point de rupture de l'apnée.

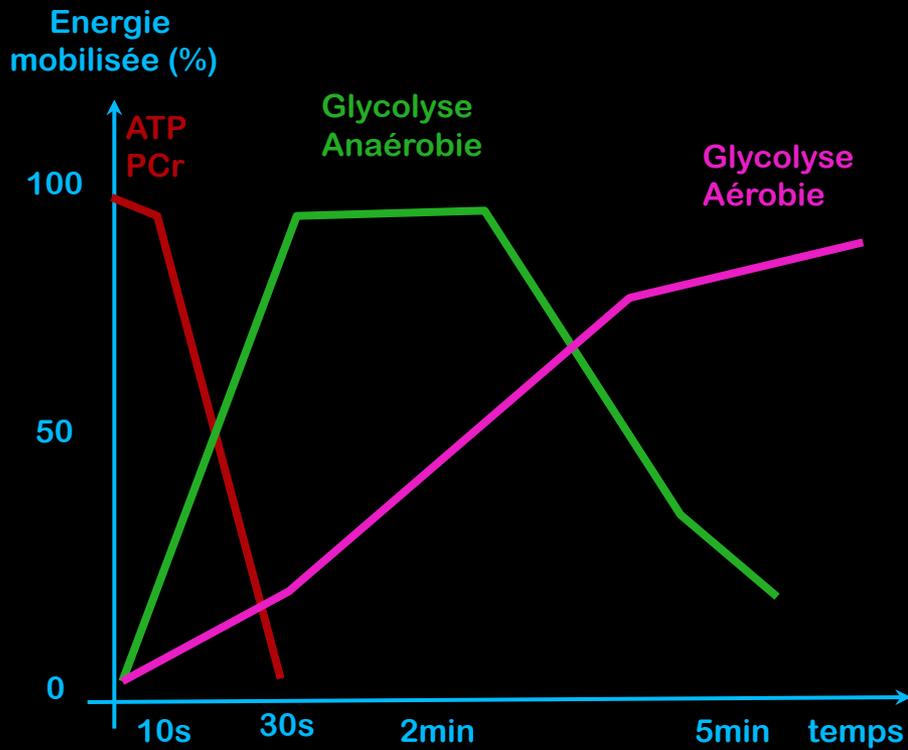
- **Filière aérobie**: mise à disposition lente (supérieure à 2 minutes) dégradation des glucides et lipides en présence d'oxygène

permet la reconstitution des stocks d'ATP, ne produit pas de déchet (à part CO₂ et de l'eau), on l'estime communément par VO₂max

La VO₂max représente la capacité maximale d'O₂ (en mL) qu'un individu peut utiliser en 1 minute rapportée à sa masse (en kg).



Les filières énergétiques

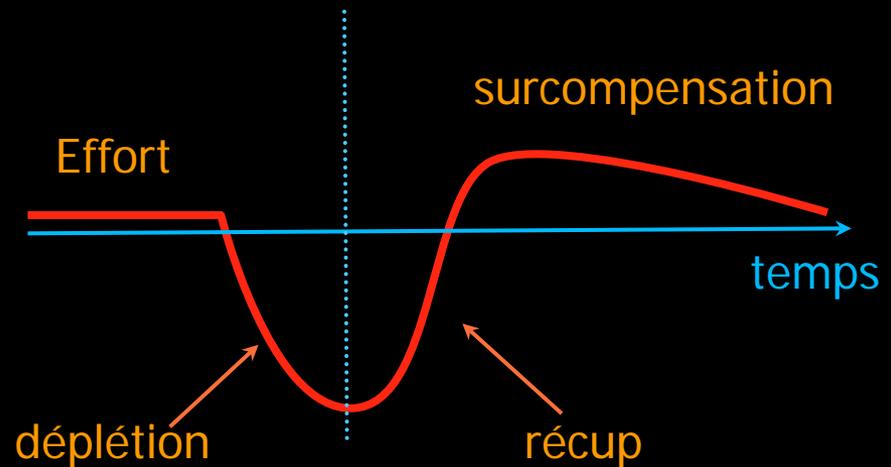


Réponse de l'organisme à un effort (fatigue et surcompensation) →

La Filière anaérobie alactique est de moindre importance en apnée (sprint ou relais).

Ces 3 filières ne se succèdent pas, elles commencent toutes en même temps.

La filière aérobie est améliorée par un travail foncier alors que la filière anaérobie lactique est améliorée par les exercices fractionnés.





Pourtant en apnée...

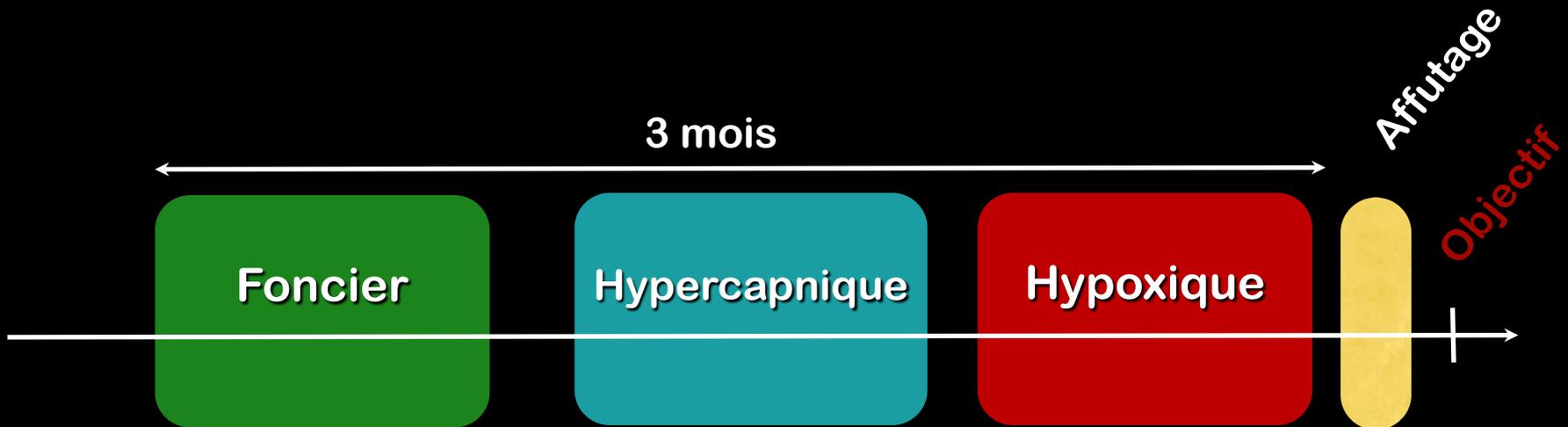
On parlera plutôt
d'hypoxie et hypercapnie ...



En fonction des objectifs cet exemple représente une saison ou seulement une période

- CO₂: hypercapnique
- O₂: hypoxique

Microcycles fonciers, hypercapniques puis hypoxiques





Les trois dominantes

▸ Foncier

Objectifs: améliorer l'endurance générale (muscles, coeur), la force, la technique...

PPG, cyclisme, course à pied, NAP, natation, escalade, musculation spécifique



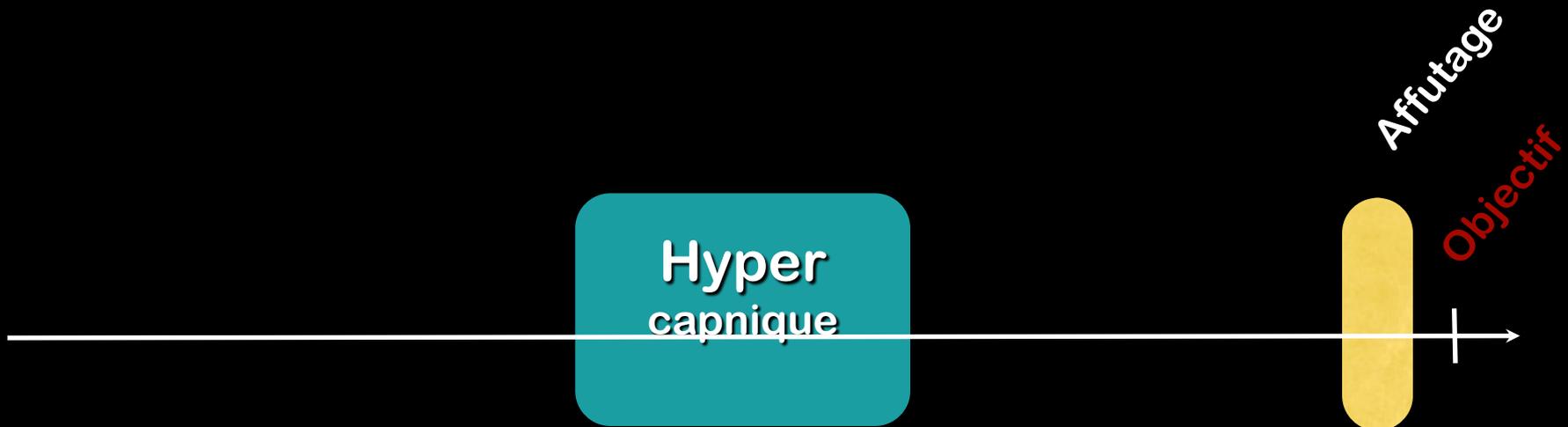


Les trois dominantes

► CO2: hypercapnique

Vitesse de nage élevée, distance courte, récupération courte

exemple de séances: 30 x 50m R20", pyramide nage (3, 5, 7, 11 inspi), 5X50m départ 50 ", 3 x 75m départ 1' 50





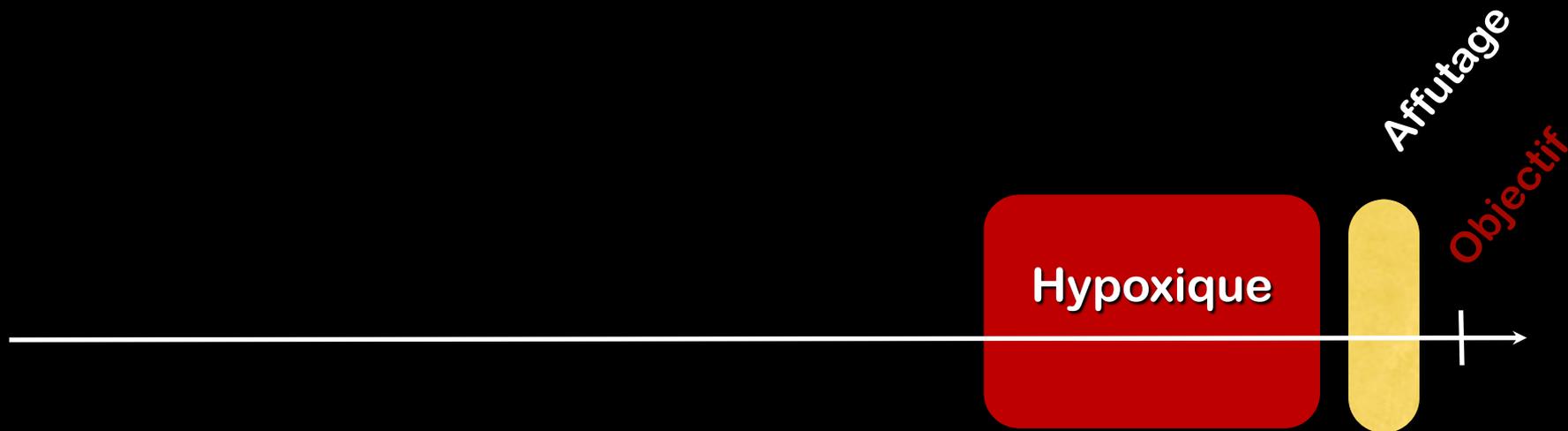
Les trois dominantes

▸ O₂: hypoxique

Plus on s'approche de l'objectif, plus la distance est importante et la récupération longue

exemples de séances: 125 une inspi 50; 150, 140, 130....

Les principaux risques viennent des séances hypoxiques.





Les facteurs de la performances

Facteurs morphologiques

(Taille, masse corporelle, % de graisse, densité, capacité vitale)

Facteurs biomécaniques

(Efficience motrice, résistance à l'avancement, surface propulsive)

PERFORMANCE

Facteurs psychologiques

(motivation, stress, relachement)

Facteurs physiologiques

(filières énergétiques, musculature ventilatoire, hypoxie, hypercapnie)



Les facteurs de la performances



Les facteurs morphologiques

- Souplesse de la cage thoracique
- Puissance de musculature ventilatoire
- Souplesse du diaphragme et de la chaîne postérieure
- Capacité à compenser en BTV (perte d'hydrodynamisme et mobilisation d'énergie en VALSALVA)

Les facteurs morphologiques

- Souplesse de la cage thoracique
- Puissance de musculature ventilatoire
- Souplesse du diaphragme et de la chaîne postérieure
- Capacité à compenser en BTV (perte d'hydrodynamisme et mobilisation d'énergie en VALSALVA)

Les facteurs physio

- tolérance à l'hypoxie: durée d'apnée et de récupération longues (attention syncope)
- tolérance à l'hypercapnie : L'excès de CO₂ d'une apnée de 3min est évacué après 5min. On va donc travailler sur des apnées et des récup courtes pour conserver Pa CO₂ élevée et habituer l'organisme (attention céphalées)
- Bradycardie (entraînement + diving reflex)
- tolérance aux stimuli mécaniques : lorsque la cage thoracique reste immobile trop longtemps, les récepteurs mécaniques activent l'envie de respirer. Amélioration par la statique
- Diminution de la production de lactates: lorsque les cellules sont en manque d'O₂, elles favorisent les filières anaérobies et la production d'acide lactique (facteur de rupture de l'apnée)
- L'augmentation de l'hématocrite: améliore la capacité de transport et de stockage de l'O₂ (EPO)



Les facteurs psychiques

- Limitation de l'activité cérébrale: consommation d'O₂ importante, sophrologie
- Résistance au stress: capacité de détachement, faire le vide
- La volonté: phase de lutte, attention à la prise de risque
- La capacité à se motiver



Les facteurs psychiques

- Limitation de l'activité cérébrale: consommation d'O₂ importante, sophrologie
- Résistance au stress: capacité de détachement, faire le vide
- La volonté: phase de lutte, attention à la prise de risque
- La capacité à se motiver

Les facteurs techniques

- L'amélioration de la ventilation préparatoire et le contrôle du souffle : ventilation abdominale, thoracique et scapulaire (pranayama)
- Tonus musculaire: relachement en statique mais aussi contrôle des seuls muscles suffisant à la propulsion tout en détendant les autres.
- La carpe ?
- Le blocage de la respiration: de façon reflexe, il est réalisé par contraction du diaphragme (très consommateur d'O₂), mobilisation de la glotte

- Les barrières psychologiques

Le mur...

- L'hydrodynamisme et la gestion de la glisse

Position des bras, de la tête, orientation du corps par rapport à la propulsion, le maître couple

- La technique de virage
- La gestion de la vitesse

Compromis entre vitesse obtenue et dépense énergétique

- Force musculaire

Eviter un travail de musculation en volume qui est consommateur d'O₂

- Souplesse de la chaîne longitudinale

Cou, épaule, dos, bassin pour ondulation

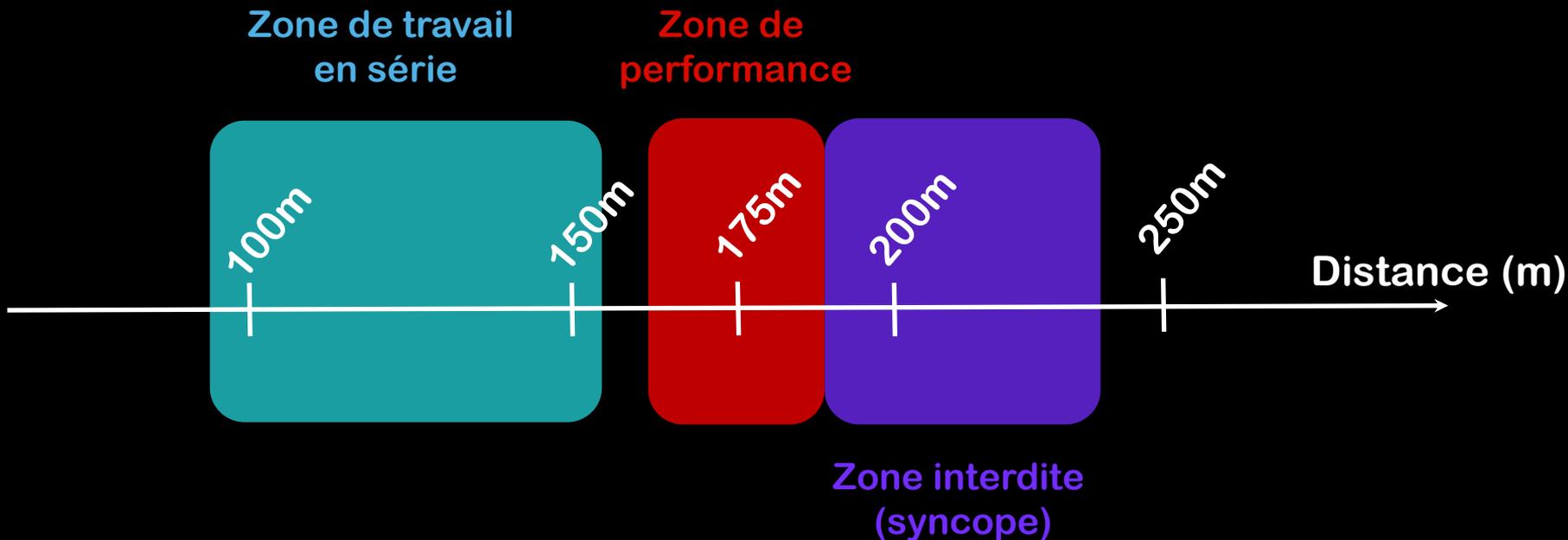


Particularité de la performance en apnée

Une des particularités de l'apnée est qu'il faut être performant mais pas trop !

Comment gérer le risque de syncope sur des apnées longues ?

Contrairement à d'autres sports, on ne s'étalonne jamais en entrainement sur sa performance maximale. Cette performance n'est accessible qu'au moment de l'objectif.





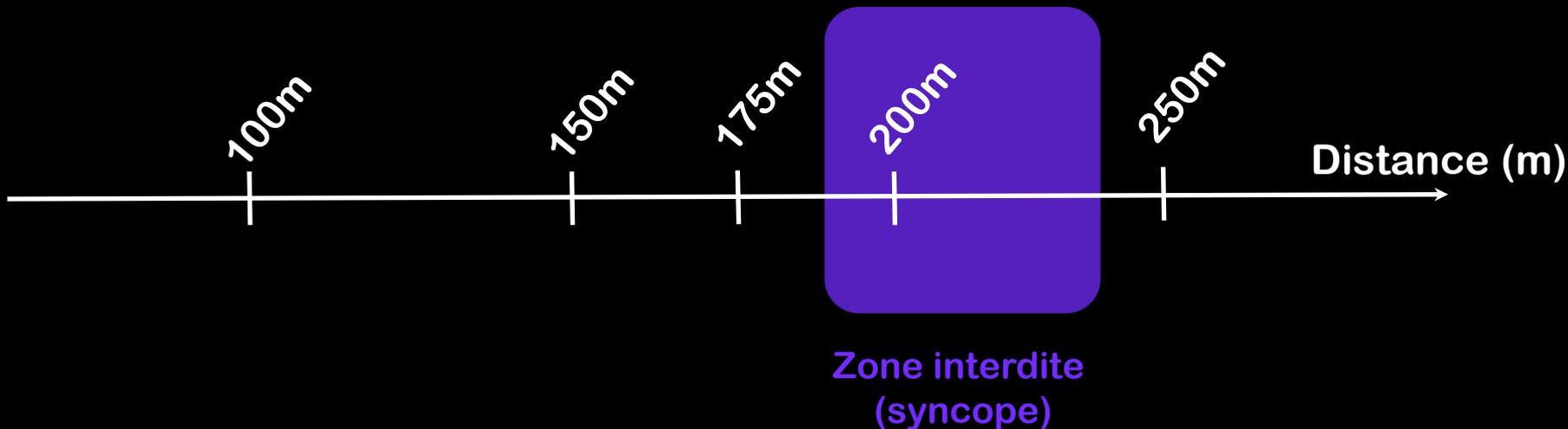
La zone interdite

Distinction entre maximum physiologique (zone rouge) et le maximum estimé par l'athlète (max psychologique):

Profil 1: $\text{Max}(\text{physio}) < \text{Max}(\text{psycho}) \Rightarrow$ danger, l'athlète va avoir tendance à arrêter sa performance dans la zone interdite

Profil 2: $\text{Max}(\text{physio}) > \text{Max}(\text{psycho})$, l'athlète se sous estime (préparation mentale)

En phase de progression, les zones sont mouvantes mais le max(psycho) doit toujours rester inférieur au max(physio)



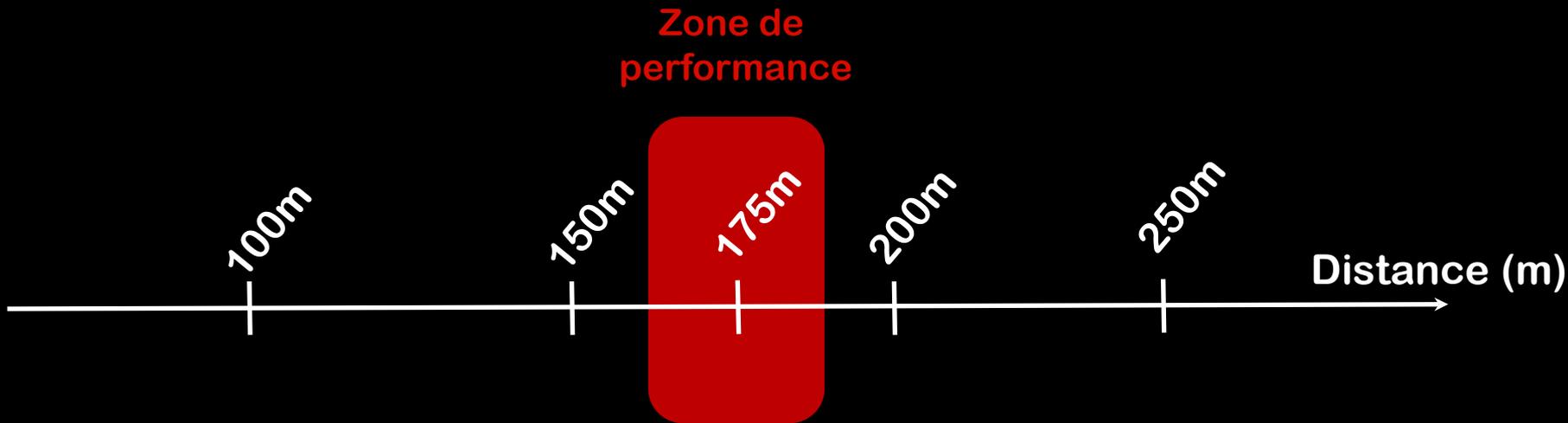


Dans la zone de performance

Il existe une variabilité intrinsèque à chaque athlète dans cette zone qui est fonction de sa fatigue physiologique et mentale.

Les répétitions dans cette zone impactent énormément la physiologie de l'athlète malgré le temps de performance relativement court (env. 2min30, lactates, filière anaérobie)

Peu de programmation de performance maximale dans les entrainements



La zone de travail en série:

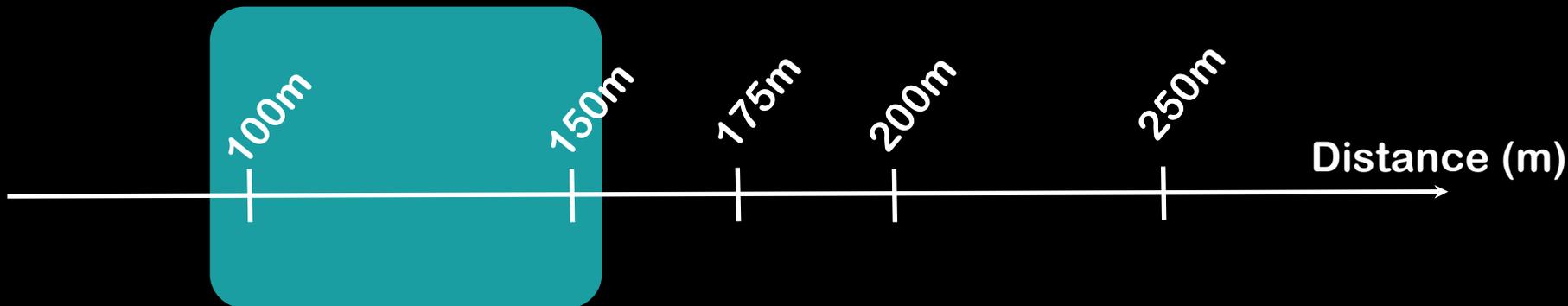
Permet de mettre en place un travail sous forme de série avec fatigue physiologique et psychologique moindre

La difficulté est modulée par le nombre de répétitions et la récupération

Ex: dans un cycle hypoxique: 8x100m R3', 6x125m R5', 4x150m R7'

« continuer à bien nager malgré la fatigue »

**Zone de travail
en série**





L'apnée peut vous aider à avancer...

