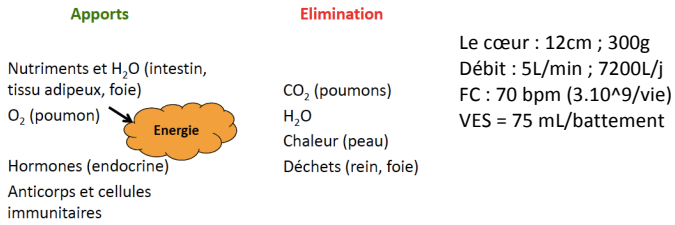
Présentation générale de l'appareil circulatoire

- **Homéostasie :** Etat stable dynamique des constituants du milieu intérieur. Milieu int = liquide extracellulaire (= Sang + liquide interstitiel) ; Appareil cardio-circulatoire = cœur, vx, sang ; Système **clos** de transport de matières a **sens unique**; Permet le fonctionnement cellulaire et les communications entres ≠ systèmes ; Régulation de la PA (SNV) → **Perfusion** des organes.

- **Echanges capillaires :**



Le cœur : 12cm ; 300g
Débit : 5L/min ; 7200L/j
FC : 70 bpm (3.10^9/vie)
VES = 75 mL/battement

I) Anatomie du cœur :

Muscle strié creux, filaments (myosine et actine), non squelettique.

(*Trajet du sang : Veines Caves → OD→ Valve tricuspide → VD→ Valve pulmonaire sigmoïde → art pulmonaire → poumon (oxygénation) →4veines pulmonaires → OG → Valve mitrale → VG → Valve aortique sigmoïde → AORTE)*

VG est plus épais car circulation systémique +++ forte pression.

→2 corps de pompe en série (D&G) chacun : Oreillette (réceptive) et Ventricule (motrice) → 4 cavités
→*3 couches de tissus : Epicarde, Myocarde, Endocarde*
- *Péricarde → Fibreux (ext)*
→ Séreux (int) → Pariétal (ext)
→ Viscéral (int)

→ Cavité virtuelle : faible quantité de liquide permet le frottement si inflammation → péricardite .

Les cavités cardiaques :

- Oreillettes : paroi mince peu organisée, réservoir de sang, leur contraction = **20% remplissage ventriculaire = Systole atriale**, régulation hémodynamique (Volorécepteurs sensibles à la pression et la distension : renseignent sur la volémie, ANP, autres peptides)

recepteur → message→SNV→ BNP

Nœud sinusal = Pace maker normal : naissance de l'influx électrique

-Ventricules : **3** couches fibres musculaires (circulaires, longitudinales, obliques), contraction par **torsion**, produisent la **FORCE MOTRICE** du sang permettant son éjection dans la circulation. VD = pyramide semi-lunaire ; VG = cône. **Interdépendance** VD-VG

Les valves cardiaques : **- Auriculo-ventriculaires** : mitrale G et tricuspide D
- Sigmoïdes (3 valvuves) : aortique et pulmonaire
Faible résistance au débit si ouvertes, mouvement **PASSIF** (sensibilité aux faibles gradients de pression), système **ANTI-RETOUR** (étanchéité).

Les anneaux sont reliés pas le squelette fibreux : TC qui empêche la communication de l'influx électrique des O aux V. Influx va donc passer par le Nœud auriculo ventriculaire pour se transmettre.

Etanchéité des valves cardiaques :

-Auriculo-ventriculaires : Etanchéité V→O en **systole**, appareil **sous-valvulaire** (éviter les fuites par éversion), empêcher le reflux du sang du V vers les O lorsque les V se contractent,
Valve Mitrale et tricuspide sont reliées aux V par des cordages tendineux amarrés aux V par les muscles papillaires ; Si rupture de cordages : insuffisance valvulaire : plus d'étanchéité au niveau AV. Fermeture par tourbillons (contraction O) puis ddP.

-Sigmoïdes : Etanchéité Art→V en diastole, formes (affrontement bords), fermeture brutale par ddP, orifices étroits (vitesse élevée), pas de cordages, plus de rigidité, restent fixes, horizontales.

Appareil circulatoire :

-Petite circulation: Pulmonaire ; **Basse pression (faibles résistances) ;** Cœur droit ; **Fonctionnelle** (oxygénation du sang veineux) ; Exclue pendant la vie embryonnaire (foramen ovalé perméable et canal artériel) ; Vx capacitifs (réservoir) ; échanges : capillaires pulmonaires

-Grande circulation :→**système d'alimentation** ; circulation **artérielle**; **Haute pression (fortes résistances)** ; Cœur G
Réservoir (vx élastiques) : aorte et grosses artères (flux sanguin continu pdt tout le cycle cardiaque)
Transmission (vx résistifs) : petites artères et artérioles
Echanges : capillaires systémiques

→**Système de retour** ; Circulation **veineuse et lymphatique** ; **Basse pression** ; **80% du volume** de la grande circulation ; Modulation des échanges capillaires (vx résistifs) : veinules ; **Réservoir** (vx capacitifs) : veines de gros calibre ; réseau lymphatique (récupère tout ce qui n'a pas été récupéré par le circuit veineux).

Malaise vagal = PA ↘ : relever les jambes : ↗ quantité de sang qui arrive au cœur → PA ↗

Capillaires : Interface : entre le milieu ext et sang : reins, tube digestif, poumons
entre le milieu int et sang : circulation générale
→ Alimenter les cellules et récupérer les déchets

Présentation générale de l'appareil circulatoire

Circulation coronaire : (circulation protégée (pour le cœur) comme la circulation générale (pour le cerveau)) ; Circulation nourricière du cœur ; 2 réseaux (D&G) ; Locale ; Intramurale (à l'int du muscle cardiaque) : lorsque le muscle se contracte les vs sont comprimés donc la circulation se fait + pendant la **relaxation** cardiaque → **essentiellement diastolique**.
« Terminale » ; 4% du débit total ; Possible ↗ du débit ; Extraction de 80% de l'O2.

Infarctus du myocarde = Obstruction → syndrome coronarien aigu (SCA)
(Plus l'obstruction est proximale plus l'ischémie est importante ; les cellules cardiaques ne se régénèrent pas normalement)

II) A l'échelle cellulaire :

-Le myocarde en microscopie : Aspect de muscle strié ; Mb entre 2 cellules (traits intercalaires ou scalifandres)

-Les jonctions entre cardiomyocytes : 2 types : communicantes (GAP) = nexus (mouvement d'ions, conduction électrique libre et + rapide) ou desmosomes (**cohésion mécanique** permet l'adhésion des cellules entre elles)

Myocarde agit comme un **syncytium** fonctionnel ; Contraction homogène ; **Transmission rapide de l'influx électrique**.
2 types de tissu dans le myocarde : cellules contractiles et les cellules du systèmes cardionecteur (automatiques)

-Fibre musculaire striée + organisation des sarcomères :
→ Mb = Sarcolemme avec nombreux tubules T qui s'enroulent autour des myofibrilles
→ myofibrilles = plusieurs sarcomères en série
→ sarcomère = épais filaments myosine & fins filaments d'actine
Sarcomère : unité de base de la contraction, raccourcissement = glissement des filaments entre eux

III) Excitation et contraction myocardique :

-Automatisme cardiaque : Cœur = muscle strié se contractant de façon **involontaire et rythmique**. **Tissu cardionecteur** spécialisé dans la génération et la transmission du PA à tous les cardiomyocytes → contraction coordonnée **myogène** ; Régulation de la FC et de la conduction cardiaque par le SNV.

-Système cardionecteur : **Cellules autorythmique** (PM) non contractiles. Génération du PA = **automatisme cardiaque**. Transmission rapide du PA → contraction synchrone du **syncytium** fonctionnel (par les nexus). Seul passage entre O et V à travers le squelette fibreux du cœur (isolant) → **délai nodal** permet le remplissage ventriculaire puis l'éjection.

-Anatomie du système cardionecteur : → **Nœud sinusal** (commande la FC**) tonus vagal permanent = Pace maker normal** (*transmet l'influx au NAV par des fibres auriculaires ou des faisceaux inter-neuraux (+ rapides))*
→Nœud auriculo-ventriculaire : l'influx ralentit (100ms/passage) : **délai nodal** = temps que met l'influx électrique pour traverser le NAV, il est ralentit pour permettre au V de se remplir ; évite que O et V se contractent en même temps.
→ Faisceau de His et ses 2 branches (D&G).
→Réseau de Purkinje (terminal, transmet l'influx aux cellules contractiles) +++ divisions

Si problème au NSA le NAV prend le relais = échappement
Si NAV pas fonctionnel non plus = bradycardie symptomatique

-Couplage excitation-contraction : PA vient de Purkinje → Tubule T → Canaux calcique blanc → influx de Ca2+ extracellulaire à l'intérieur de la cellule = 10 % indispensable du signal calcique → ouverture canaux ryanodine → libération du Ca2+ du réticulum sarcoplasmique → **Signal calcique** → contraction sarcomères = raccourcissement
→ Pompes (au niveau du RS ou Canal Calcium sodique au niveau de la mb) recaptent le Ca2+ cytosolique : le bilan est électro neutre.

IV) Hémodynamie :

Etude des propriétés physiques du flux sanguin en mouvement dans le système cardio-vasculaire (pression, volume, viscosité et débit).
Déterminants : Force motrice, Volume (volémie) et viscosité du sang, Respiration (O2, CO2), Vasomotricité (résistance, diamètre) : tonus des vx.

-Pression : Force exercée par un liquide sur les parois de son contenant (en mmHg) **≠ de Tension** (= force qu'il faudrait appliquer par unité de longueur sur un vx pour maintenir accolée la paroi du vx qui a été lésé). **P hydrostatique** si liquide immobile.
P hydraulitique (**Pdynamique** + **Phydrostatique**) si liquide en mouvement. Pdynamique est liée à la force motrice.

-Principes généraux d'écoulement d'un fluide : Un fluide circule d'une zone de haute P → zone de basse P. Le sang s'écoule des **artères** → **Veines**. *C'est la différence de P qui est importante pas la valeur absolue.*

-Pression dans le système circulatoire : Pression systolique = contraction ; Pression diastolique = relaxation
Elles délimitent la PAmoyenne +++ pour la perfusion des vx.
Elle ↗ presque pas dans les gros vx, fortement dans les petits vx (car résistance importante), modérée dans les capillaires, s'annule au niveau des veines pour rejoindre l'OD (=5mmHg).

-2 types de fluides :
→ Parfait : pas de dissipation de la charge avec la distance parcourue
→Visqueux (sang) : dissipation de la charge dans les vx par frottements (résistances) Phydrostatique ↘

- Ecoulement d'un fluide visqueux :
→ **Laminaire** (sang en physiologie) : PAS de bruit auscultatoire (GR parallèles, même direction)
→ **Turbulent** (sans en pathologie) : SOUFFLE (vitesse↗) rétrécissement/fuite valvulaire, sténose art ou fistule

Présentation générale de l'appareil circulatoire

- Resistance : Ensemble des frottements des éléments du sang entre eux et avec les parois des vx.

Loi de Poiseuille : $R = 8L\eta/\pi r^4$
L : longueur; η : viscosité; r : rayon

Si on multiplie le rayon par 2, on divise la Résistance par 16 !
A un temps précis la R ne va dépendre que du r **: $R \approx x/r^4$**

-Débit cardiaque : Volume de sang éjecté par le cœur / unité de temps
→ Identique dans le cœur D et le G = 5L/min au repos ; Circulation pulmonaire même débit que la circulation systémique juste une ≠ de P.

Q = VES x FC
ΔP : gradient de P entre art et veines (≈ P aortique car P veineuse ≈ 0)
Loi de Ohm : **$Qc \approx \Delta P / R$** (ΔP = PA moyenne) soit **$\approx \Delta P \cdot r^4$** (si r est doublé → Qc augmente de 16 fois !)
Modulable +++ (5L/min au repos à 20-30L/min à l'effort)

-Vitesse d'écoulement du sang : Transfert de matière ; < Vitesse de propagation de l'onde pulsatile de Part (transfert d'énergie) ; Transmission de l'onde de P meilleure si la compliance artérielle est faible ; Ne pas confondre avec le Qc

V = Qc/S
Proportionnelle au Q si surface de section vasculaire inchangée ; A débit constant V ↗ dans les petits vx
Dans circulation, débit réparti sur tous les vx de la section concernée.

-Relation Volume-Pression : Vsang invariable dans le circuit vasculaire (5L dans cœur & vx) mais V du contenant variable : modification pression exercée sur le liquide : Contraction cœur ou vx ↗ P ; Relaxation cœur ou vx (vasodilatation) ↘ P

Contraction V → **Force motrice** → éjection → déplacement sang déjà présent
★ Débit ≠ Pression
Débit = P sur les résistances ; si vasodilatation débit ↗

-Le cycle cardiaque : Alternance de contraction (systoles) et de relaxations (diastoles) du muscle cardiaque ; Rythme = FC (déterminé par NS) ; Diastole (2/3 du cycle) = remplissage de la cavité cardiaque ; Systole (1/3 du cycle) = éjection du sang
Non simultanées pour O et V.

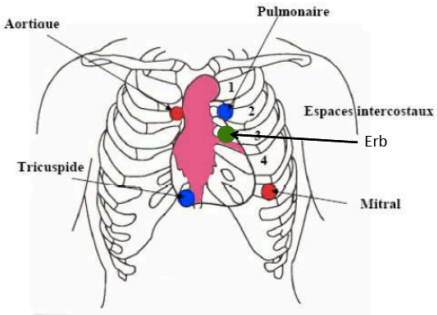
-Quelques repères :
VTD = V sang dans ventricules avant la systole (fin du remplissage) = **PRE-charge ≈ 120mL**
VTS = V sang dans ventricules à la fin de la systole (fin de l'éjection) = **POST-charge ≈ 50 mL**
VES = VTD-VTS estimé à **70 mL/battement**

-Hémodynamique intra-cardiaque : (ex du cœur G) : le sang passe → veines pulmonaires → OG → VG :
Remplissage ventriculaire lent et passif VP→OG puis
Contraction/systole auriculaire (20%) → remplissage actif OG→VG
Contraction ventriculaire (80%) :
P (VG) ↗ la valve mitrale se ferme → contraction isovolumétrique
P (VG) = P (Ao) : ouverture de la valve aortique → phase d'éjection.
P (VG) < P (Ao) : Valve aortique se ferme → relaxation isovolumétrique
P (VG) = P (OG) : ouverture valve mitrale…

- VD et VG : Pression dans le VD et l'art pulmonaire sont 7 fois plus faibles que dans le VG et l'aorte

V) Principaux examens en cardiologie :

- L'auscultation cardiaque : 5 foyers
→ Aortique à D
→ Pulmonaire à G
les deux sur le bord interne du sternum ; 2ème espace intercostal
→Tricuspide : apophyse xiphoïde
→Mitral : apex du cœur ; 5ème espace intercostal ; ligne médio
→ Erb = foyer méso cardiaque (auscultations des pathologies claviculaire
Mouvements des valves (fermeture++) → mouvements de aortiques & pulmonaires)
→ vibrations des valves, du myocarde et de la paroi artérielle
→ Turbulences sanguines transmises à la paroi thoracique via tissus colonnes de sang (Ao,Pulm)
Auscultation ssi fréquence audible sinon phonographe.



Bruits (B) physiologiques et pathologies. B1 et B2 sont les fermetures des valves

-Bruits cardiaques physiologiques :
B1 : « **TOUM** » ; Fermeture des valves AV ; **Mise en tension du myocarde** (contraction IV) ; **Ouverture des valves sigmoïdes** ; Ecoulement turbulent artériel

B2 : « **TA** », limite la systole de la diastole ; **Fermeture des valves sigmoïdes** ; Mise en tension myocarde (contraction IV) ; Ouverture des valves AV ; Ecoulement turbulent artériel

Entre B1 et B2 c'est le petit silence : la systole
Entre B2 et B1 c'est le grand silence : la diastole

B3 : Proto-diastolique (début diastole), vibrations de la paroi ventriculaire à l'irruption de sang pdt le **remplissage passif rapide** ; Si exacerbé = **galop proto-diastolique**, correspond à un **trouble de la relaxation** ventriculaire

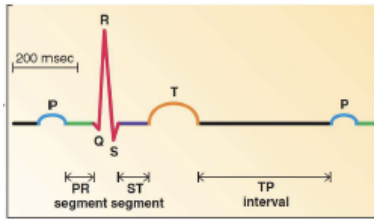
B4 : Télé-diastolique (fin diastole), vibration de la paroi ventriculaire à l'irruption de sang pendant le **remplissage actif** ; si exacerbé **= galop télé-diastolique** correspond à un **trouble de la compliance** ventriculaire

-Les souffles cardiaques organiques :
Pathologiques : Sténose valvulaire, fuite valvulaire, shunt (communication anormale cœur D/G)
Cardiopathie obstructive : flux non laminaire, accéléré, turbulent → Souffle

VI) Principaux examens en cardiologie :

-Electrocardiogramme : → Reflet de l'activité électrique globale du cœur au cours du cycle cardiaque.
→ Enregistrement superficiel des courants de dépolarisation et de repolarisation cardiaques.
→ Succession d'onde (dépolarisations) et d'espaces/intervalles de durée normée
Espaces : conduction ; FC : pouls ; rythme : sinusal (onde P avt QRS) ; régularité ; amplitude, modification des segments

-Analyse de l'électrocardiogramme : Fréquence cardiaque ; Rythme; Axe du cœur; Taille et épaisseur des cavités (hypertrophie) ; Ischémie-nécrose myocardique ; Troubles du rythme et de conduction
Onde P = dépolarisation O
Segment PR = délai nodal (conduction auriculo-ventriculaire)
QRS = dépolarisation V + repolarisation O
ST = éjection V
Onde T = repolarisation V
Entre T et P : ligne droite = diastole ventriculaire
Anomalie si troubles de la kaliémie



-ECG d'effort : Quand le patient a une anomalie lors d'un exercice physique. Si extrasystoles → pathologie cardiaque → autres examens
→ Ergométrie : dyspnée d'effort, troubles du rythme ECG
→ Détection d'une ischémie myocardique : Scintigraphie myocardique d'effort / diyridamole ; Echocardiographie d'effort (ou à la dobutamine) ; Ergométrie sur tapis roulant ou bicyclette

-Scintigraphie myocardique : Couplée à un effort ou une stimulation médicamenteuse (dipyridamole) ; Injection traceur (thallium, technétium) ; Acquisitions : fin d'effort, récupération, temps tardif. Le + souvent le traceur pour le cœur est le **thallium** : se fixe sur les cellules en fonction de l'irrigation : comparaison avant et après l'effort.

-Holter ECG : Enregistrement sur 24h (possible pdt 1 semaine) ; Diagnostic de troubles du rythme ou de troubles de conduction devant symptomatologie inexpliquée (syncope, palpitations)

-Moniteur ECG implantable : Enregistrement de plusieurs mois (→2ans) : automatique si bradycardie ou tachycardie ou manuel par le patient si symptôme ; Devant syncope d'origine indéterminée après bilan étiologique négatif ; Implantation sous anesthésie locale

-Holter tensionnel : Mesure ambulatoire de la PA ; sur 24h ; Evite l'effet blouse blanche élimine les fausses HTA; Diagnostic d'HTA masquée ; Analyse de l'effet des traitements ; Variations nycthémérales de la PA

-Cathétérisme cardiaque : Montée d'une sonde dans les art/veines/cavités cardiaques à visée diagnostique : Mesure des P, du débit cardiaque ; Quantification d'une valvulopathie ; Opacification des artères coronaires (coronographie) et des cavités cardiaques ; Prélèvements de sang étagés (oxymétrie) ; A visée thérapeutique +++

-Cathétérisme droit : Cathéter monté dans l'art pulmonaire ; Mesures des P (PAPO : pressions de remplissage VG ; Retrait du cathéter : PAP, PVD, POD) ; Oxymétrie étagée (shunts) ; Mesure du débit cardiaque par thermodilution (renseigne sur la fonction contractile du cœur) ; Angiographie VD ; Geste thérapeutique.
Ponction de la veine fémorale → Mise en place de l'introducteur → Insertion sonde de Swan Ganz → montée de la sonde dans VCinf puis l'OD→ Ballonnet gonflé dans le VD →Montée de la sonde dans l'art pulmonaire

-Cathétérisme gauche : Abord radial, fémoral (huméral) ; Opacification : VG, OG, VP, aorte, coronaires ; Mesure de pressions : Gradients trans-valvulaire (mitral, aortique), courbes de P (Ao, VG, OG) → PRVG (Si valve est rétrécie, s'ouvre ou se ferme mal la P ↗ en amont P (VG) > P (Ao)) ; Oxymétries (shunt D-G) ; Débit cardiaque (Fick) ; Evaluations sténoses coronaires (FFR, IVUS) **; INVASIF !**

-Cathétérisme gauche interventionnel : Angioplastie coronaire (on passe au travers du rétrécissement, on écrase la plaque en gonflant un ballon afin de rouvrir l'art + dépose un stent pour maintenir ouverte l'art) ; Dilatation aortique/mitrale percutanée ; Remplacement valvulaire aortique percutanée (TAVI) valve très calcifiée est remplacée par une valve synthétique.

-Coronarographie : permet de voir les lésions coronaires

-Echographie et doppler cardiaque : Ultra-sons et effet doppler (vélocité/vitesse sang, dimension cardiaque, fonctionnement des valves, P int du cœur) ; Transthoracique ou transoesophagien ; Dimensions et volumes cavitaires ; Fonction contractile ; Fonctionnement valvulaire ; Estimation non invasive de l'hémodynamique

-Echographie-doppler endocoronaire : → imagerie directement à l'intérieur de l'art coronaire : renseigne sur l'aspect des plaques d'athéromes et montre quelles valves sont menaçantes de rompre.

-Echographie et doppler vasculaire : Exploration des vx : aorte (sauf sa portion rétro cardiaque), digestif, rein, membres, cou ; Artériel : athérome, anévrisme, dissection ; Veineux : thrombus, dilatation

-Scanner : Diagnostic et bilan étiologique de pathologies du cœur D ; Pathologies aortiques ; Scanner coronaire (évite de faire la coronarographie)

-IRM cardiaque : Détection ischémie (stress), IDM, myocardite ; Mesure volumes et fonction contractile ; Bilan cardiopathies, valvulopathies et masses .