

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)  
°° SCIENCES DE LA VIE °°  
>> Cours <<

Chapitre 13 : plan complet

# La transmission de l'information génétique au cours du cycle cellulaire

## Une étude centrée sur l'exemple des Eucaryotes

Objectifs : extraits du programme  
Introduction

- I. **Le cycle cellulaire eucaryote, un ensemble d'étapes de vie cellulaire sous contrôle interne et extracellulaire**
  - A. **Le cycle cellulaire, étapes de la vie d'une cellule notamment caractérisées par une conservation de l'information génétique**
    1. Notions de cycle cellulaire, mitose (phase M), méiose
    2. Rappel : la notion de chromosome simple (= à une chromatide) et de chromosome double (= à deux chromatides) [*important*]
    3. Étapes du cycle cellulaire mitotique et évolution de la quantité d'ADN
      - a. Un cycle divisé en interphase et mitose
      - b. Une interphase divisible en phases G<sub>1</sub>, S et G<sub>2</sub>
    4. Cas du cycle cellulaire des cellules germinales s'engageant dans la méiose
    5. Quelques remarques sur le cycle cellulaire des Eubactéries [*pour information*]
      - a. Une division cellulaire rudimentaire : la scissiparité
      - b. Une division cellulaire qui suppose une duplication du chromosome bactérien souvent en amont et s'inscrit dans des cycles cellulaires variables
      - c. Et les plasmides ? Une réplication et une répartition lors des divisions qui semblent aléatoires
  - B. **Le cycle cellulaire, un processus contrôlé (exemple des Vertébrés)**
    1. Un contrôle intrinsèque (= intracellulaire)
      - a. Mise en évidence d'un contrôle cytoplasmique du cycle cellulaire par des expériences de fusion cellulaire ou d'injections cytoplasmiques
      - b. L'existence de points de contrôle assurant que la phase en amont a été réalisée, autorisant ainsi la poursuite du cycle
      - c. Une variation cyclique de certaines molécules cytoplasmiques, notamment le MPF [*limite programme ?*]
    2. Un contrôle extrinsèque (= extracellulaire) : les facteurs de croissance
    3. Le cycle cellulaire, un processus qui se fige lors de la différenciation (entrée en phase G<sub>0</sub>)
    4. Un dérèglement possible du cycle cellulaire engendrant une prolifération cellulaire incontrôlée : l'exemple des cancers [*pour information*]
      - a. Des cellules proliférant de manière incontrôlée : notion de cancer
      - b. Des cancers dus à plusieurs mutations affectant des oncogènes
      - c. Des cellules qui finissent par se déplacer et envahir l'organisme : notion de métastase
      - d. Une prise en charge par le système immunitaire ou... des traitements anticancéreux
  - C. **Suivi expérimental du cycle et estimation de durée des processus**
    1. La possibilité d'un suivi de la quantité d'ADN d'une cellule au cours du temps
    2. La connaissance de la durée des étapes du cycle cellulaire : une réalité très variable
- II. **La conservation de l'information génétique au cours de l'interphase**
  - A. **La réplication, un processus semi-conservatif et plutôt conforme de duplication de l'information génétique**
    1. La réplication, un processus semi-conservatif où un brin est néoformé à partir d'un brin matrice par complémentarité de bases
      - a. Mise en évidence de la semi-conservativité de la réplication chez les Bactéries (MESELSON & STAHL 1958, CAIRNS 1963)
        - α. Position du problème : la réplication est-elle conservative, semi-conservative ou dispersive ?
        - β. Les travaux décisifs de MESELSON & STAHL (1958)
          - i. Principe général : des cultures de colibacilles sur milieu azoté radioactif puis non radioactif
          - ii. Résultats obtenus
          - iii. Éléments d'analyse et d'interprétation
            - Invalidation du modèle dispersif
            - Invalidation du modèle conservatif et validation du modèle semi-conservatif
        - γ. La confirmation par CAIRNS (1963)
          - i. Principe général : une visualisation autoradiographique des brins d'ADN sur le chromosome bactérien en cours de réplication
          - ii. Résultats et interprétation : confirmation de la semi-conservativité de la réplication et illustration de l'origine unique de réplication chez les Bactéries
        - b. Principe opératoire fondamental : une synthèse d'un brin néoformé par complémentarité de bases avec le brin matrice
      2. La réplication, un processus qui suppose la polymérisation de nucléotides (initialement sous forme triphosphate) dans le sens 5' → 3'
      3. La réplication, un processus bidirectionnel à une seule origine chez les Bactéries et plusieurs chez les Eucaryotes
      4. La réplication, un processus assuré par un complexe enzymatique que l'on peut nommer réplisome ou complexe de réplication [*pour information*]
        - a. Une ouverture de la molécule par une hélicase et un désenroulement par des topoisomérases
        - b. Des protéines stabilisatrices empêchant le ré-appariement de la séquence : les SSB
        - c. Une initiation de la polymérisation de l'ADN par une primase déposant une amorce ARN suivie d'une polymérisation par une ADN polymérase
        - d. Une polymérisation de l'ADN continue dans le brin précoce et discontinue dans le brin tardif constitué de fragments d'OKAZAKI
        - e. Une liaison des morceaux de brins néo-synthétisés par des ligases
        - f. Bilan : une vision d'ensemble de la réplication
      5. Quelques particularités de la réplication eucaryote
        - a. La réplication : un processus à plusieurs origines chez les Eucaryotes, et donc plusieurs yeux de réplication
        - b. Le problème de la réplication des télomères et l'intérêt des télomérases que l'on rencontre dans certaines cellules [*pour information ?*]
      6. L'existence d'erreurs généralement corrigées lors de la réplication (correction sur épreuve) ou après (réparation post-réplivative)
      7. Bilan : la réplication, un processus hautement conforme
    - B. **Les mutations ponctuelles, des modifications génétiques aléatoires généralement corrigés mais pouvant être transmises**
      1. Des modifications locales de la séquence nucléotidique de plusieurs types
        - a. Définition de mutation et mutation ponctuelle
        - b. Typologie des mutations ponctuelles : insertions (= additions), délétions, substitutions
      2. Des modifications locales de la séquence nucléotidique qui peuvent apparaître lors de la réplication ou du stockage de l'ADN

- a. Des mutations ponctuelles qui peuvent apparaître lors de la réplication de l'ADN
    - α. L'exemple des mésappariements dus à la tautomérie des bases azotées
    - β. Insertions ou délétions par glissement de brins [pour information ?]
  - b. Des mutations ponctuelles qui peuvent apparaître lors du stockage de l'ADN de manière spontanée ou induite
    - α. Un exemple d'altération chimique pouvant engendrer une mutation spontanée : la dépurination
    - β. Un exemple d'altération de l'ADN engendrée par le rayonnement UV (un agent mutagène) et pouvant susciter une mutation induite : la dimérisation de thymines
  - 3. Des modifications locales de la séquence nucléotidique qui sont souvent corrigées par des systèmes enzymatiques de réparation de l'ADN
    - a. Des erreurs de réplication corrigées au moment même de la réplication : l'activité auto-correctrice des ADN polymérase (activité exonucléasique)
    - b. Une correction des altérations de l'ADN hors réplication impliquant des endonucléases
    - c. Des corrections hors réplication pouvant recourir à des mécanismes particuliers : l'exemple de la dé-dimérisation de thymines
      - α. Une possibilité de réversion directe
      - β. Une possibilité de réversion par la photolyase
  - 4. Des modifications locales de la séquence nucléotidique aléatoires et à la fréquence variable
  - 5. Des modifications locales de la séquence nucléotidique qui peuvent avoir des conséquences cellulaires et se répandre dans les populations
    - a. Des mutations classables selon leur effet sur l'information génétique : mutations faux-sens, non-sens, neutres...
    - b. Des mutations qui sont forcément transmises à la descendance chez les unicellulaires
    - c. Des mutations qui ne peuvent se répandre dans les populations que si elles touchent les cellules à l'origine des gamètes (cellules germinales dans le cas des Mammifères)
    - d. Des mutations qui se répandent ou non dans les populations sous l'effet de la sélection naturelle et de la dérive génétique
- III. La transmission conforme de l'information génétique au cours de la division cellulaire mitotique**
- A. Un processus séquentiel : les étapes de la mitose (exemple des cellules animales)**
1. La prophase et la prométaphase ( $2n$  chromosomes doubles)
  2. La métaphase ( $2n$  chromosomes doubles)
  3. L'anaphase ( $2n$  chromosomes doubles > simples)
  4. La télophase et la cytotélerèse ( $2n$  chromosomes simples)
  5. Bilan des étapes de la mitose
- B. Les particularités de la mitose végétale**
1. L'absence de centrioles dans le COMT
  2. L'absence d'élongation cellulaire lors de la division
  3. Une cytotélerèse reposant sur l'édification d'une plaque cellulaire (phragmoplaste) percée de plasmodesmes
  4. Un déplacement des microtubules lors de la mitose (et plus globalement du cycle cellulaire)
- C. Les mécanismes importants de la mitose**
1. Importance de la condensation de l'ADN
  2. Importance du cytosquelette
    - a. Des microtubules organisés en un fuseau de division (microtubules polaires, astériens et kinétochoriens)
    - b. Importance de la polymérisation-dépolymérisation des microtubules dans leur allongement ou leur raccourcissement
    - c. Rôle des lamines dans la vésicularisation et la reformation de l'enveloppe nucléaire
    - d. Rôle des interactions actine-myosine dans la cytotélerèse des cellules animales
- D. Aspects génétiques de la mitose : discussion de sa conformité**
1. La mitose, un processus fondamentalement conforme
  2. Des limites à la conformité
    - a. La possibilité de mutations non réparées transmises aux cellules-filles
    - b. Une inégalité de répartition du matériel cytoplasmique (y compris génétique) lors de la cytotélerèse
    - c. L'existence (très rare) de recombinaisons mitotiques : les *crossing-over* mitotiques [pour information]
- E. Aspects ontogénétiques et reproductifs de la mitose**
1. La base du développement pluricellulaire et de la reproduction asexuée
  2. Une intervention dans le cadre de la reproduction sexuée
    - a. La multiplication des cellules germinales (Métazoaires) ou des cellules-mères de spores (Embryophytes)
      - α. Cas de la multiplication des cellules germinales (ex. des Mammifères) [avec rappels sur la gamétogénèse]
      - β. Cas de la multiplication des cellules mères de spores mâles (ex. des Angiospermes)
    - b. La production d'un gamétophyte chez les Embryophytes

**IV. La méiose, une division cellulaire qui conduit à l'haploïdie et assure un brassage génétique des génomes parentaux originels**

**A. Un processus comprenant deux divisions successives sans réplication intermédiaire**

1. La division réductionnelle (méiose I) : une étape assurant la réduction chromosomique et générant deux cellules-filles haploïdes
2. La division équationnelle (méiose II) : une étape techniquement assimilable à une mitose à l'état haploïde

**B. La méiose, un processus où un brassage génétique permet la production d'une recombinaison génétique**

1. Notions de recombinaison génétique et de brassage génétique
2. Un brassage interchromosomique lors de l'anaphase I assurant une répartition aléatoire des chromosomes paternels et maternels
3. Un brassage intrachromosomique lors de la prophase I
  - a. Les *crossing-over* (CO) : des échanges habituellement réciproques de portions de chromatides entre chromosomes appariés en prophase I
  - b. Un processus non aléatoire qui a lieu au niveau de zones préférentielles : les points chauds de recombinaison
4. Bilan : les cellules issues de la méiose, des cellules haploïdes génétiquement originales porteuses de combinaisons alléliques uniques

**C. La méiose, un processus où peuvent survenir des anomalies aux conséquences chromosomiques et/ou caryotypiques**

1. Rappels : notion de caryotype et caryotypes normaux
  - a. Notion de caryotype
  - b. Des caryotypes diploïdes normaux humains
2. La méiose, un processus pouvant générer des remaniements chromosomiques (= mutations chromosomiques au sens strict)
  - a. Les *crossing-over* inégaux, un processus permettant la duplication de gènes
  - b. Les *crossing-over* inégaux ou anormaux, un processus permettant des remaniements chromosomiques d'ampleur : fissions, insertions, délétions, inversions, translocations
3. La méiose, un processus pouvant générer des modifications du caryotype
  - a. Les aneuploïdies, des caryotypes anormaux provenant souvent de non-disjonctions de chromosomes homologues ou de chromatides lors de la méiose
  - b. Les euploïdies, des caryotypes affectant le nombre total de paires de chromosomes [pour information ?]

**D. Un processus qui s'inscrit dans la sporogénèse ou la gamétogénèse**

Quelques schémas bilans

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes

Références

Plan du chapitre

Plan simplifié du chapitre

Plan très simplifié du chapitre



T. JEAN (2024)