

Onduleur bi périodique: élément d'insertion innovant pour SOLEIL II

Journées Accélérateurs 2023 de la SFP
Roscoff du 3 au 6 octobre

Angela Potet
Synchrotron SOLEIL

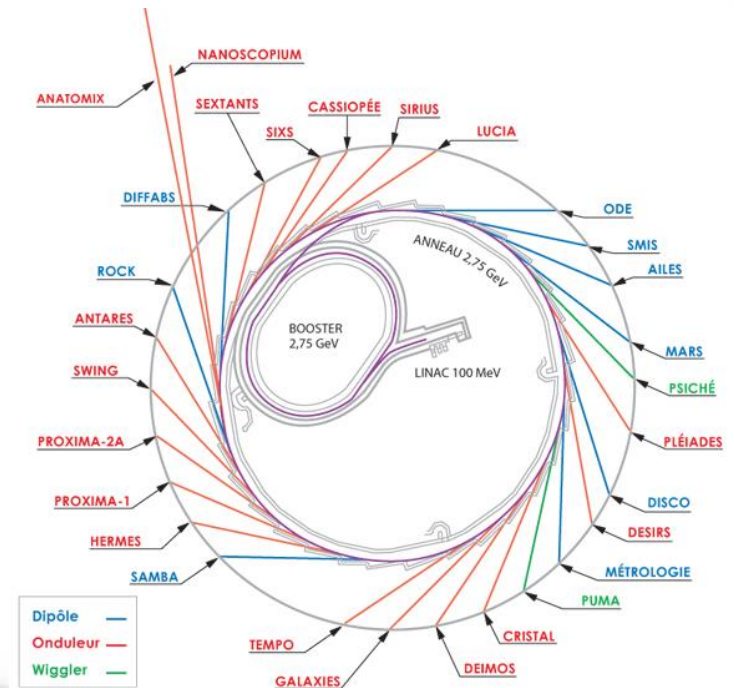
*Frédéric Blache, Pascale Brunelle, Marie-Emmanuelle Couprie, Carlos De Oliveira, Arnaud Mary,
Thibaut Mutin, Amor Nadji, Keihan Tavakoli, Olivier Marcouillé (Synchrotron SOLEIL)*

Synchrotron SOLEIL

- Anneau de stockage: Electrons 2.75 GeV
- Sources de photons: Aimants de courbure, Wigglers et Onduleurs
- 29 lignes de lumière: De l'infrarouge aux rayons X durs

Projet d'Upgrade*: SOLEIL II

- Augmentation de la brillance du faisceau de photons
- Reduction de l'émittance du faisceau d'électrons **de 3.9 nm.rad à 85 pm.rad**
- Augmentation du nombre d'elements magnétiques
- **Reduction de l'espace reservé pour les éléments d'insertion (30%)**

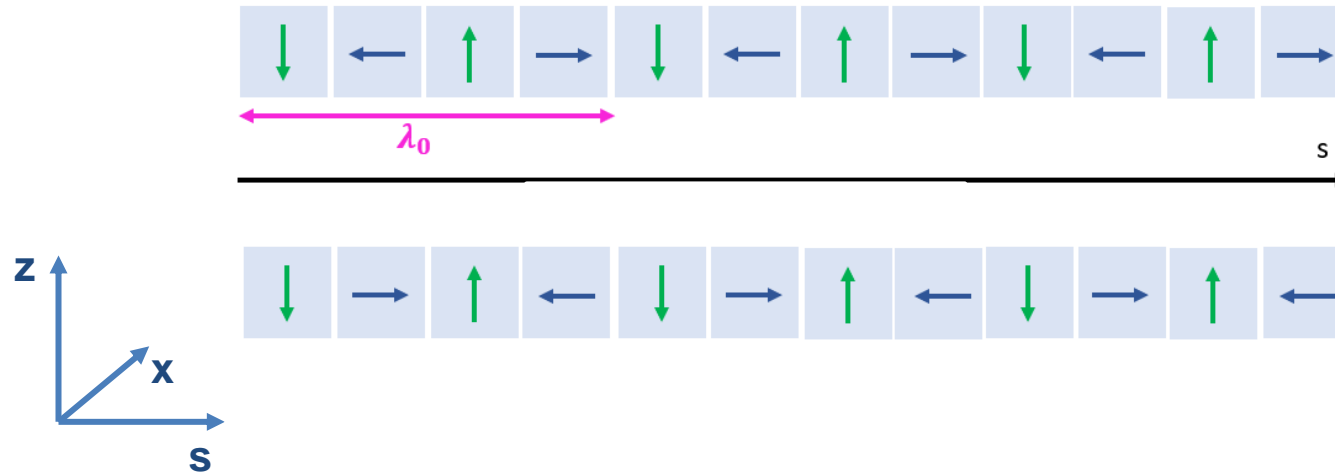


Trouver une solution technique au problème d'encombrement limité et proposer une source de rayonnement compacte permettant de couvrir la gamme spectrale actuellement proposée

→ Remplacer les deux onduleurs actuels par une seule insertion compacte

L'Onduleur Bi-Periodique*:

*Superposition verticale de deux series d'aimants en configuration de Halbach** equivalent à deux onduleurs superposés*

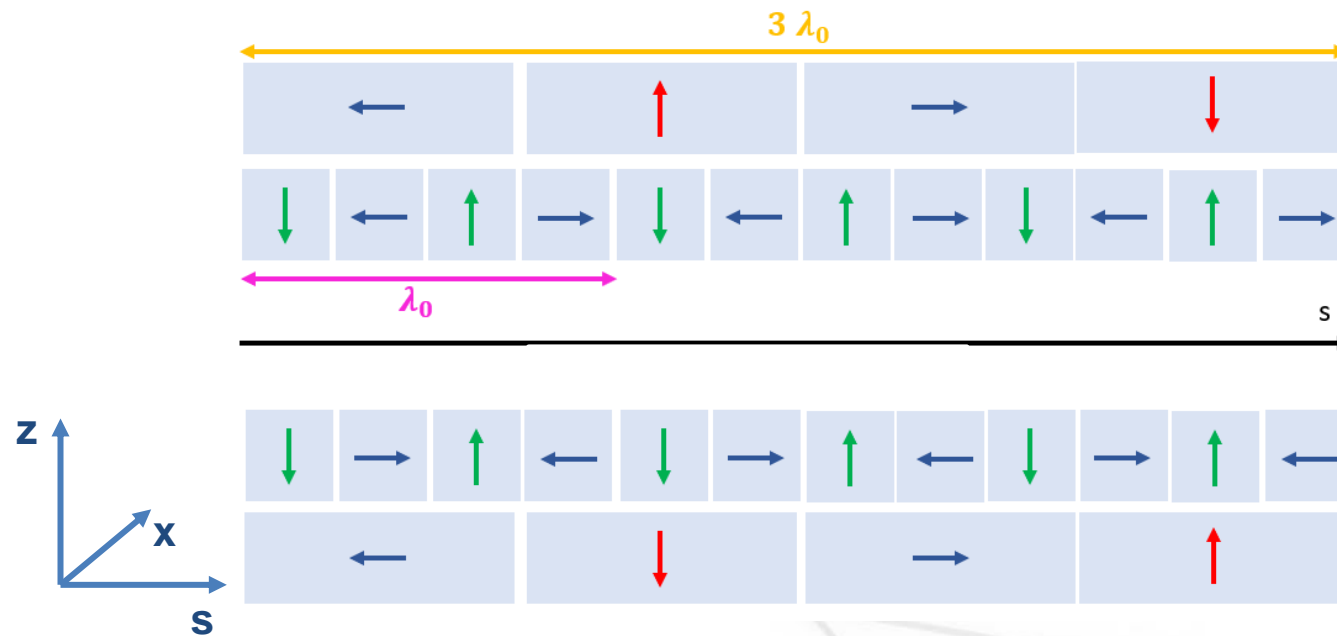


Trouver une solution technique au problème d'encombrement limité et proposer une source de rayonnement compacte permettant de couvrir la gamme spectrale actuellement proposée

→ Remplacer les deux onduleurs actuels par une seule insertion compacte

L'Onduleur Bi-Periodique*:

Superposition verticale de deux series d'aimants en configuration de Halbach** equivalent à deux onduleurs superposés

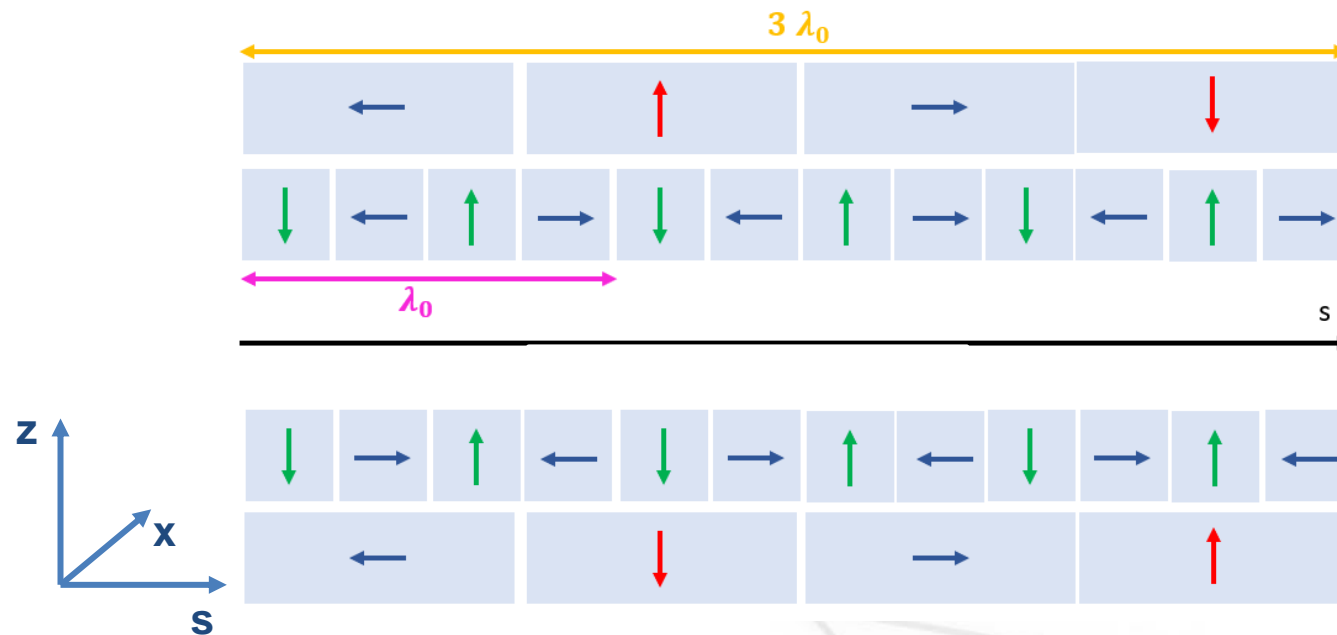


Trouver une solution technique au problème d'encombrement limité et proposer une source de rayonnement compacte permettant de couvrir la gamme spectrale actuellement proposée

→ Remplacer les deux onduleurs actuels par une seule insertion compacte

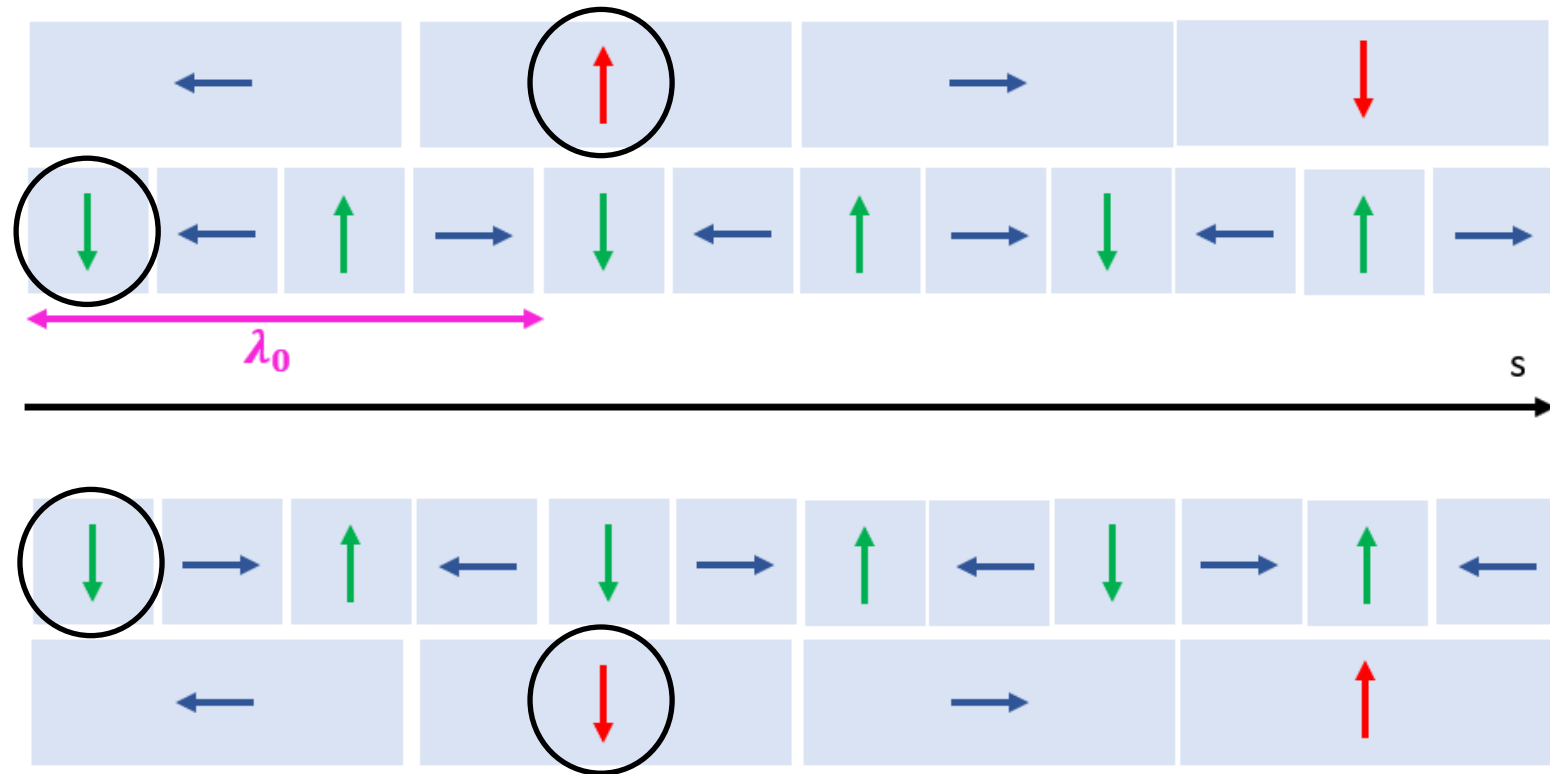
L'Onduleur Bi-Periodique*:

Superposition verticale de deux series d'aimants en configuration de Halbach** equivalent à deux onduleurs superposés



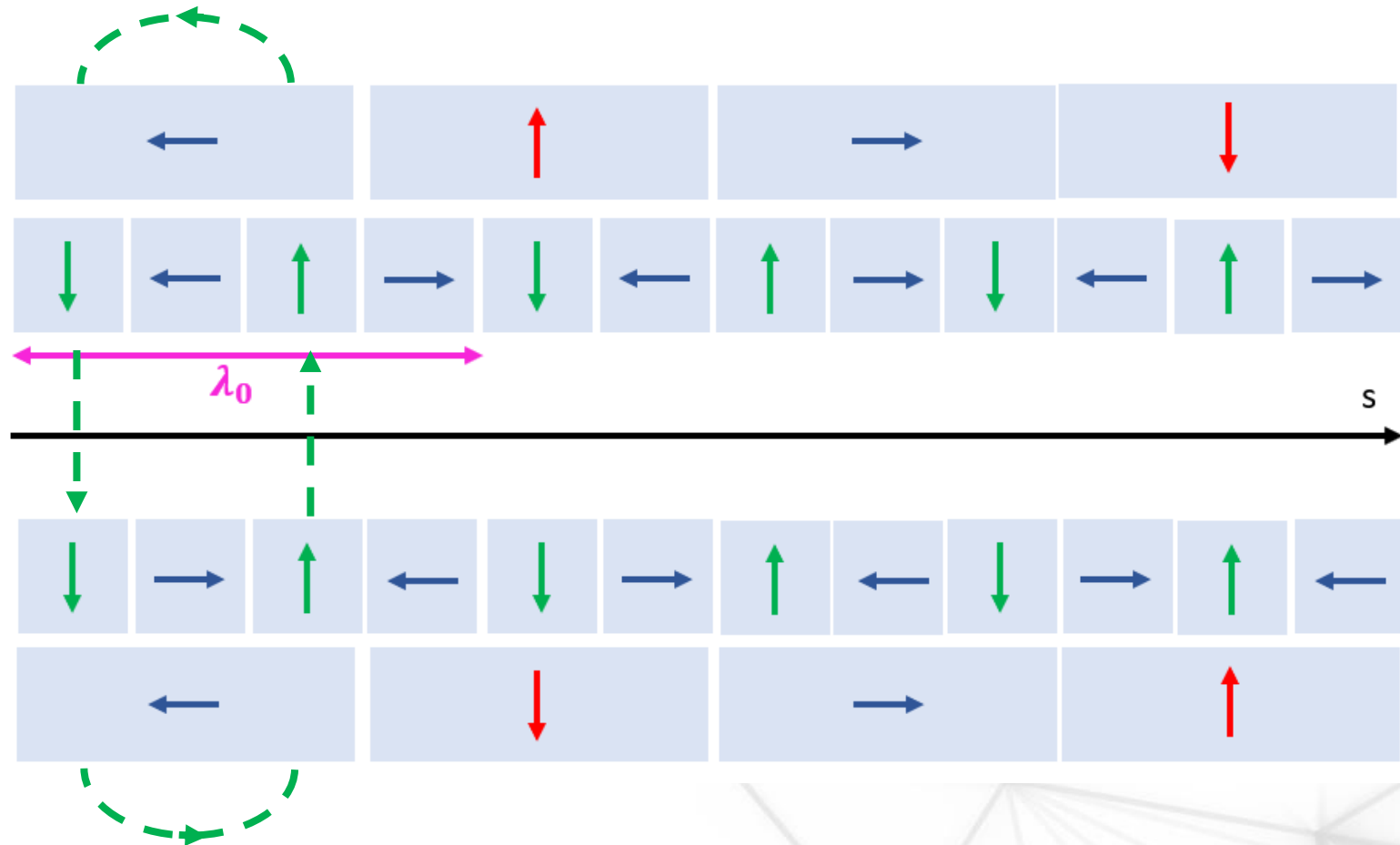
Deux modes d'utilisation possibles:
capacité de sélectionner une période magnétique ou sa valeur triple par déphasage longitudinal des poutres

Mode λ_0

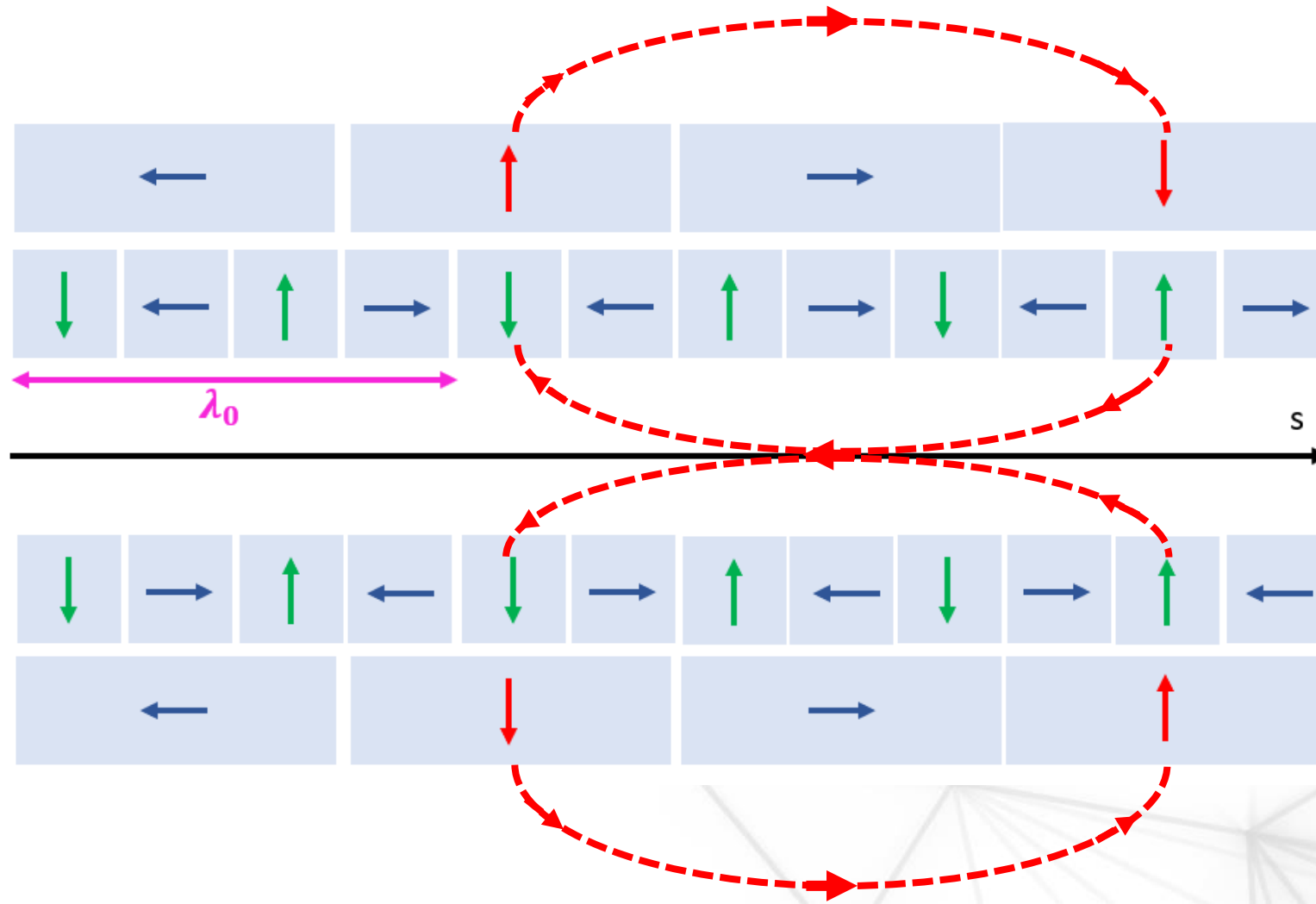


Période λ_0 :
Addition sur l'axe de
la composante de
champ magnétique B_z

Mode λ_0

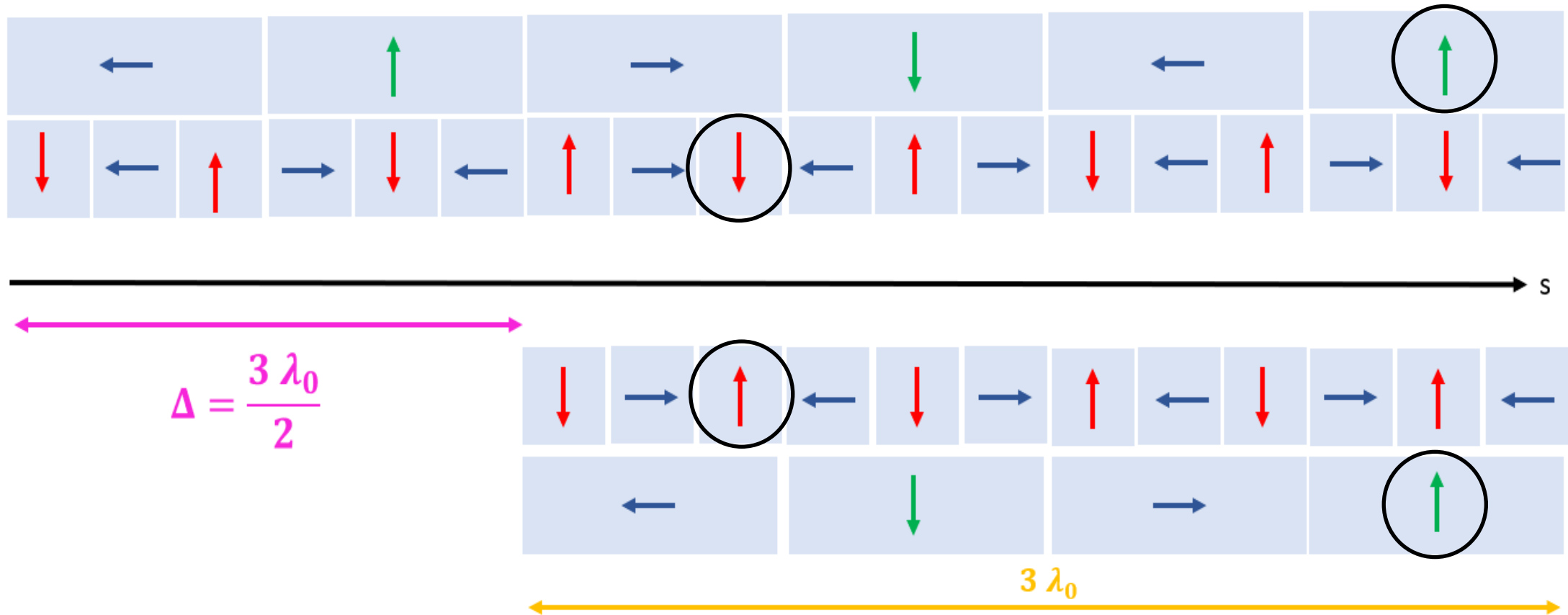


Mode λ_0



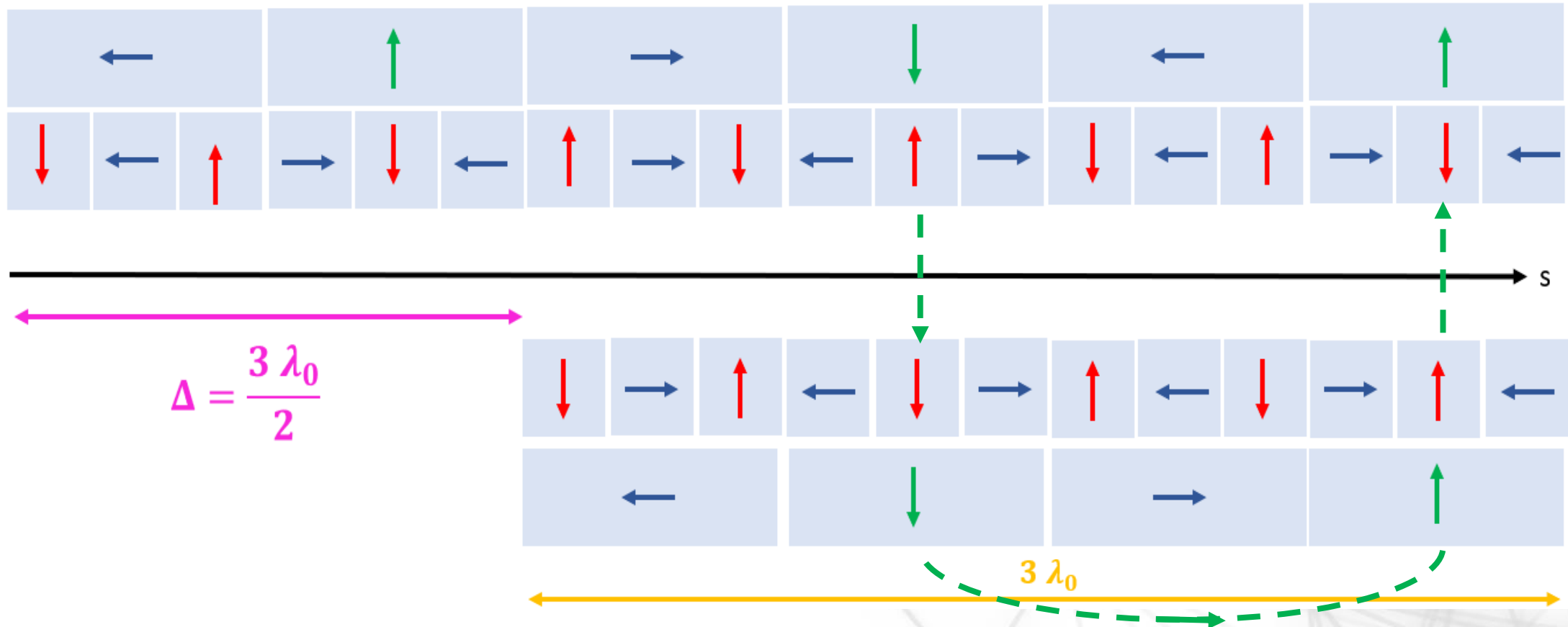
Période $3\lambda_0$:
Annulation sur l'axe
de la composante de
champ magnétique B_z

Mode $3\lambda_0$



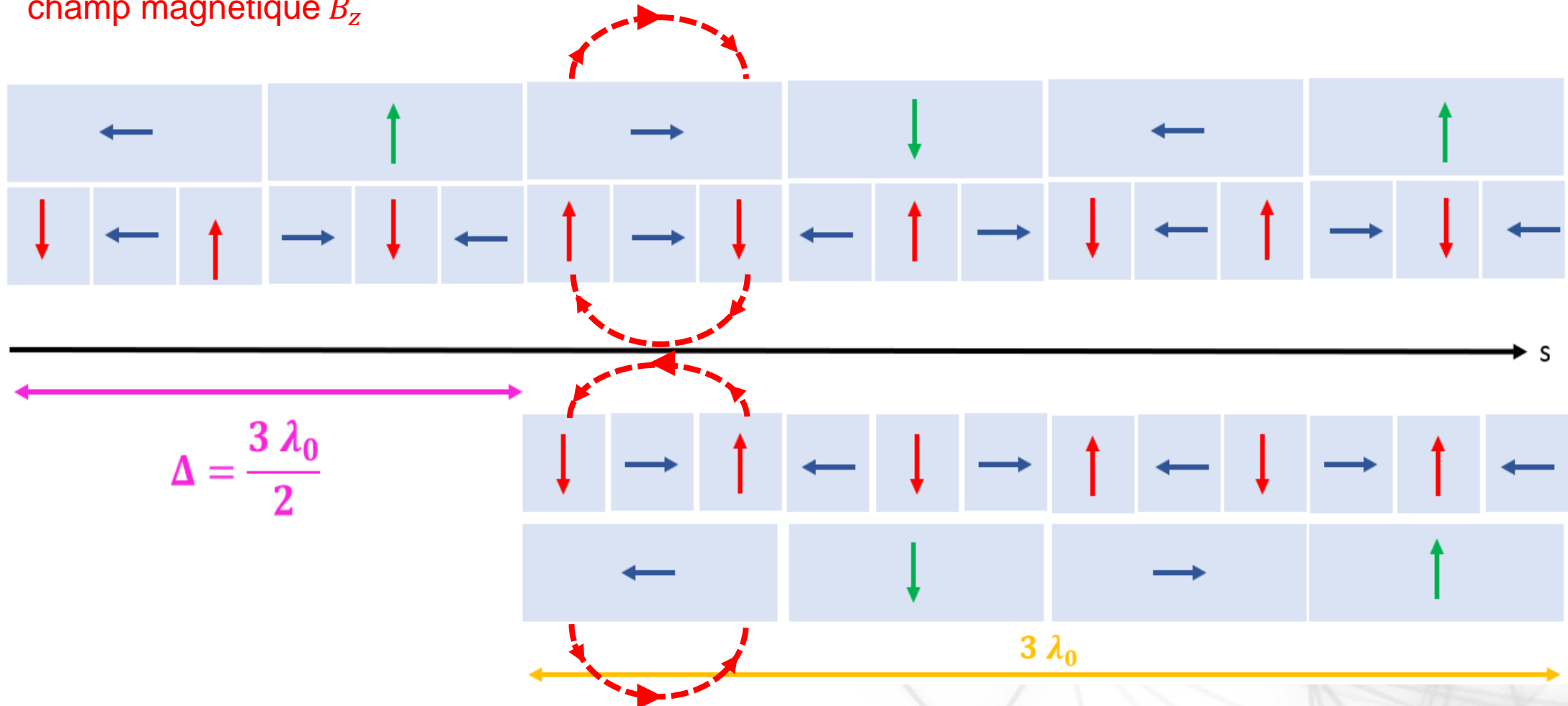
Mode $3\lambda_0$

Période $3\lambda_0$:
Addition sur l'axe de la composante de champ magnétique B_z

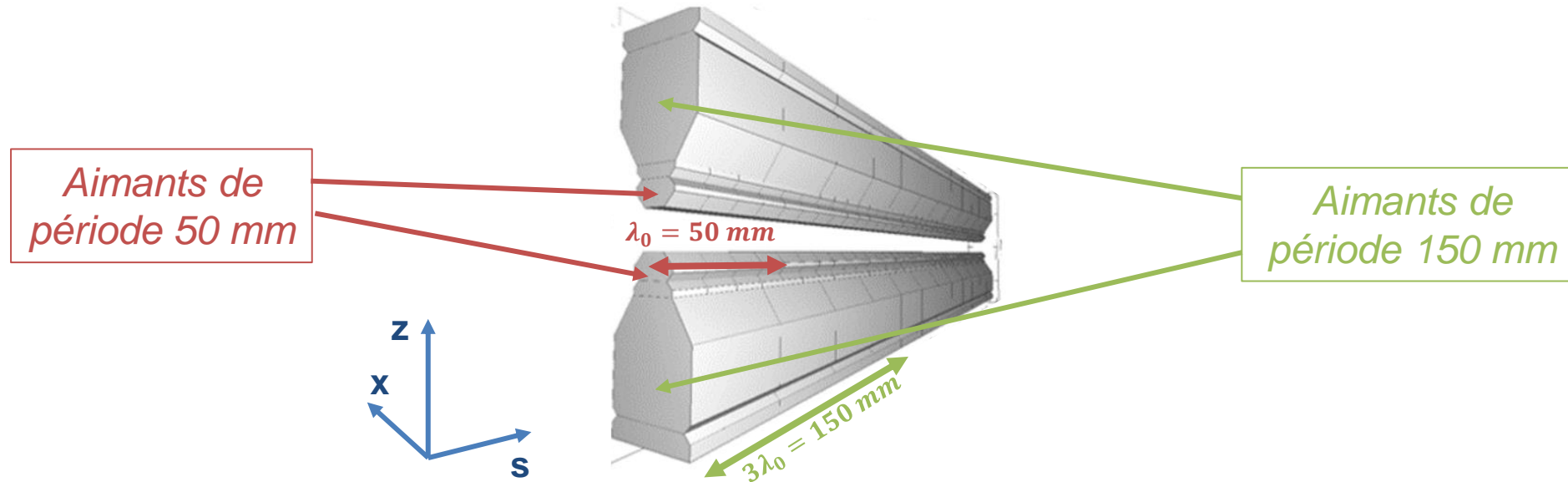


Période λ_0 :
Annulation sur l'axe
de la composante de
champ magnétique B_z

Mode $3\lambda_0$



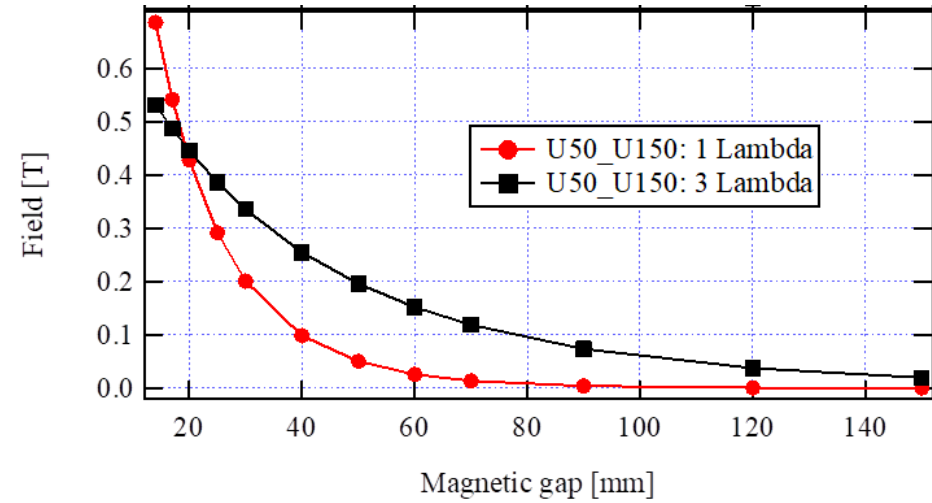
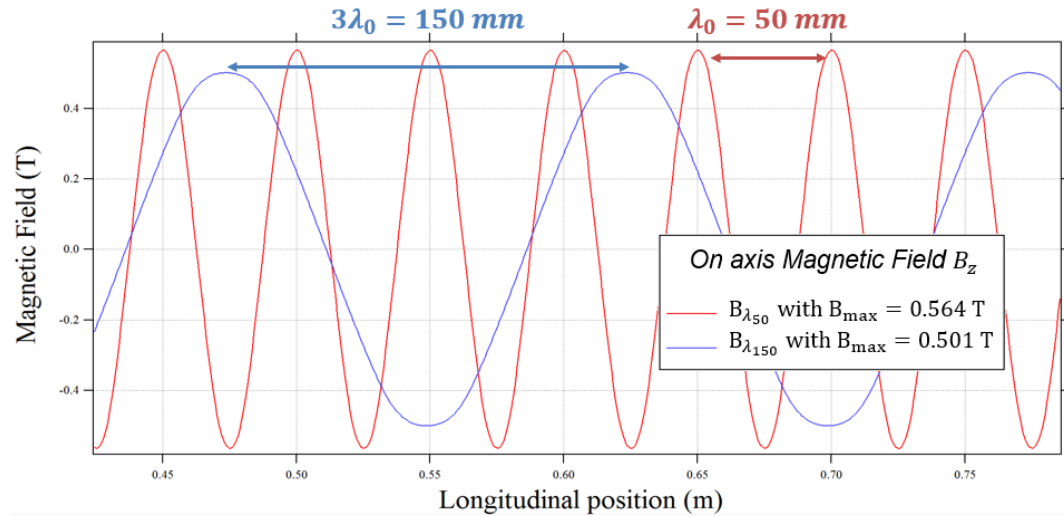
Design magnétique: programme Radia*



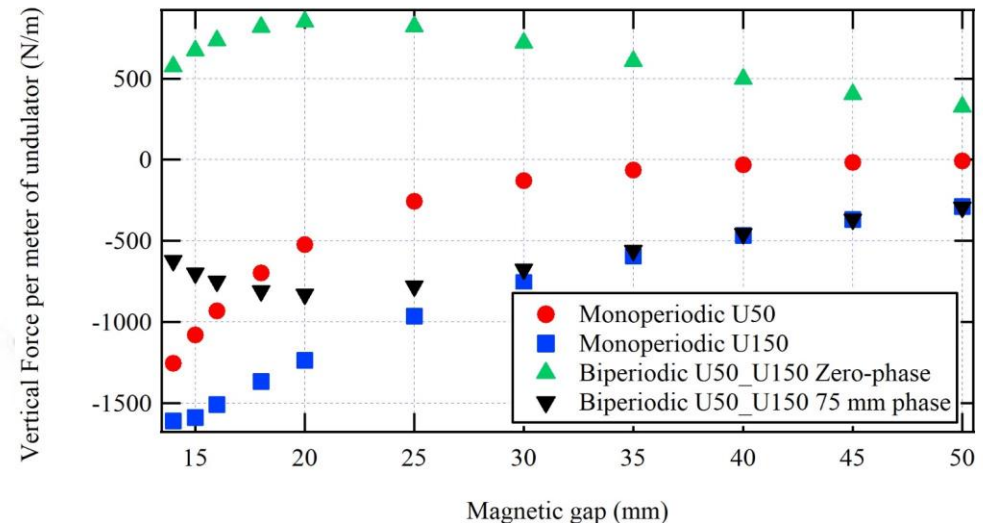
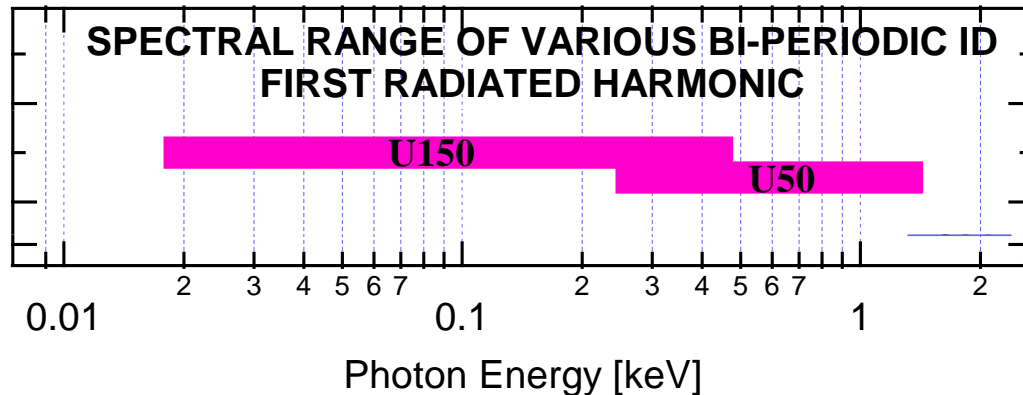
Périodes	$\lambda_0 = 50 \text{ mm}$ et $3 \lambda_0 = 150 \text{ mm}$
Aimants	Aimants permanents NdFeB
Aimantations	$\lambda_0 = 50 \text{ mm} \rightarrow M_{\text{avg}} = 1.38 \text{ T}$ $3 \lambda_0 = 150 \text{ mm} \rightarrow M_{\text{avg}} = 1.42 \text{ T}$
Longueur	$l = 1.5 \text{ m}$

* Computing 3D. Magnetic Field from Insertion Devices, P. Elleaume, O. Chubar, J. Chavanne, Proceedings of PAC97, Vancouver, 1997

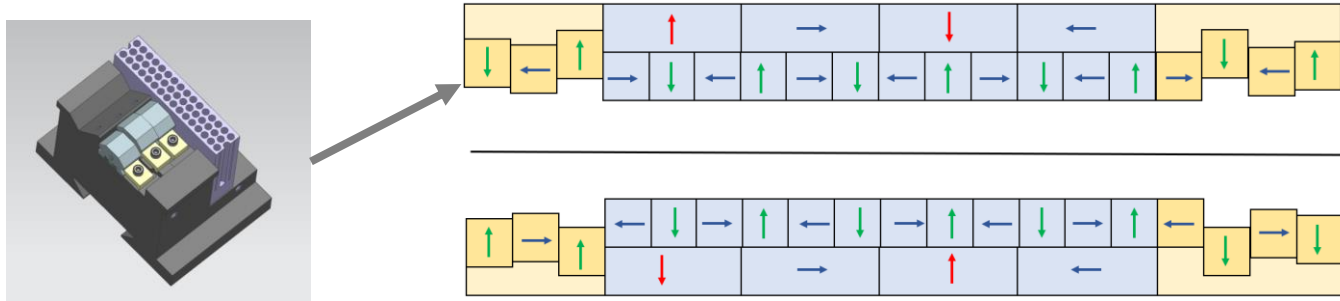
- Deux périodes magnétiques sélectionnables + Gap variable: Large gamme de champs magnétiques accessible



- Large gamme spectrale accessible + Compensation partielle des forces magnétiques verticales



- ❖ Etude de la trajectoire des électrons le long de l'onduleur
- ❖ Design des terminaisons aux extrémités pour réduire les integrales de champs



Configuration magnétique en entrée et sortie de l'onduleur pour corriger le mode 50 mm à gap 15,5 mm

Le mode 150 mm sera corrigé par les correcteurs de l'anneau de stockage

- ❖ Etude des cartes de kicks* (effet au second ordre: impact sur les angles de déviation des électrons)

- Effet de focalisation, impact modéré sur le nombre d'onde
- Pas de dégradation de la durée de vie Touschek

Period (mm)	Δv_x	Δv_z
$\lambda_0 = 50$	-0.0005	0.0020
$3\lambda_0 = 150$	-0.0010	0.0021

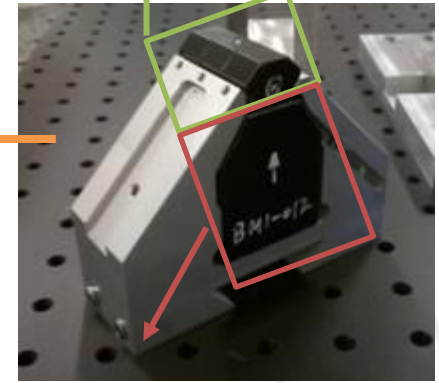
→ Effet sur la dynamique faisceau acceptable et corrigeable

- **Instrumentation du banc de mesure:**

- ❖ Sonde de Hall (Senis Type C)
- ❖ Bobines tournantes



3 aimants
(période 50 mm)



1 aimant
(période 150 mm)

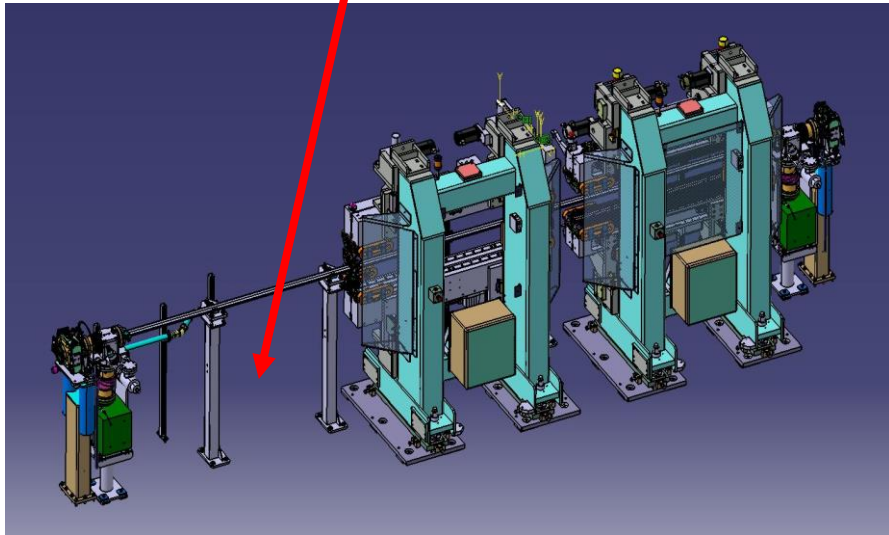
- **Mesures magnétiques:**

- ❖ Détermination de l'axe magnétique du prototype:
 - Annulation de la contribution de la période non sélectionnée
 - Maximisation de la contribution de la période sélectionnée
- ❖ Comparaison champs magnétiques mesurés avec champs simulés:
 - Différences entre les valeurs inférieures à 3%

Résultats encourageants: deux périodes sélectionnables et large gamme de champs magnétiques accessibles

Installation sur l'anneau de stockage (Ligne HERMES)

Prototype
Bi-Périodique



Ligne de lumière HERMES
(DENNETIERE David, BELKHOU Rachid,
groupe optique de SOLEIL)

Onduleurs (technologie)	Gamme d'énergie (eV)	Longueur (m)	Nombre de périodes
HU64 (APPLE II)	70-600	1.7	25
HU42 (APPLE II)	500-2500	1.8	42
U50-U150 (BiPer)	18-1500	1.5	10 - 30

Etude expérimentale planifiée en collaboration avec l'équipe Accélérateur de SOLEIL et la ligne de lumière HERMES:

Janvier 2023

Installation du prototype sur l'anneau de stockage actuel

Mars 2024

Etude de l'impact sur la dynamique faisceau en sessions Machine

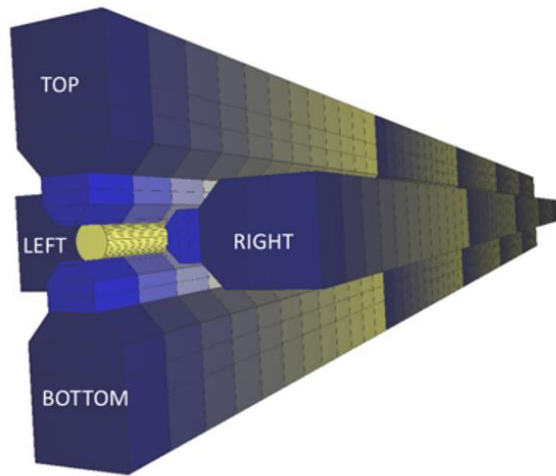
Mai 2024

Etude du rayonnement synchrotron sur la ligne de lumière après une possible adaptation de l'optique de la ligne

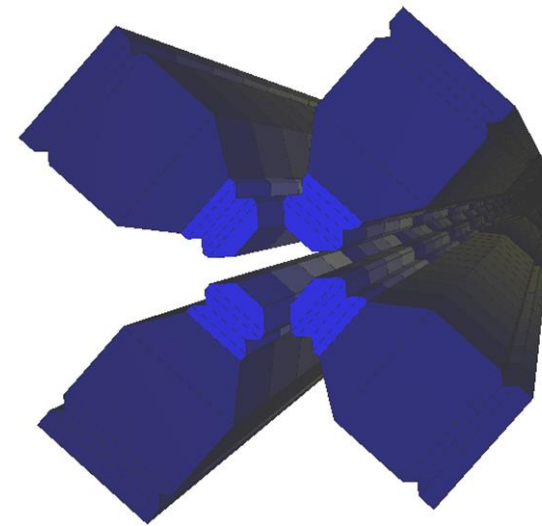
Remplacer deux onduleurs par un seul onduleur permettant de couvrir la même gamme spectrale

- Construction d'un prototype pour valider le concept et identifier les potentielles contraintes
- Résultats encourageants, possibilité de sélectionner l'une ou l'autre période uniquement
- Etude expérimentale de l'impact sur la dynamique faisceau pour valider son utilisation sur anneau de stockage
- Etude expérimentale du rayonnement synchrotron produit pour valider les performances de cette source de lumière

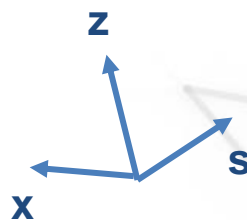
Version croisée de l'onduleur Bi-Périodique:
Etendre le concept aux onduleurs polarisés



Version croisée



Version APPLE X



An aerial photograph of the SOLEIL synchrotron facility, showing a large circular building with a grid-like roof structure, surrounded by other buildings and parking areas. The image is faded and serves as a background for the text.

***Merci pour votre
attention!***

Slides complémentaires



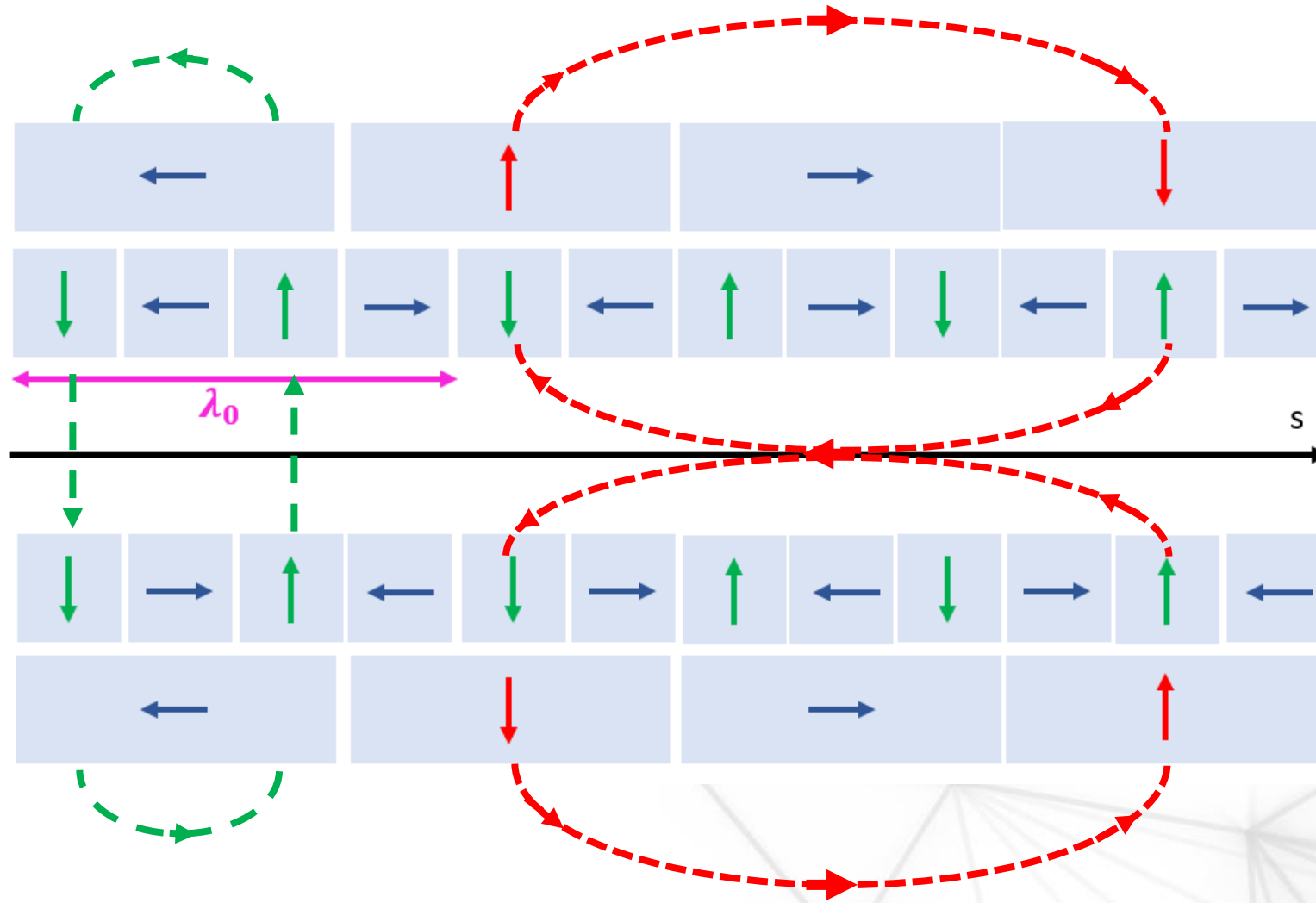
Mode λ_0

Période λ_0 :

Addition sur l'axe de la composante de champ magnétique B_z

Période $3\lambda_0$:

Annulation sur l'axe de la composante de champ magnétique B_z



Période λ_0 :
Annulation sur l'axe
de la composante de
champ magnétique B_z

Mode $3\lambda_0$

Période $3\lambda_0$:
Addition sur l'axe de
la composante de
champ magnétique B_z

